




**NORDIC
MINING**

Avfallshandteringsplan

Engerbø Rutile and Garnet

Document Type: Public Document	Document Title:			
Creator: SK Approved: MS Date: 26.03.2023	Avfallshandteringsplan			
 Project Reference/Number: Engerbø Rutile and Garnet	Document Number ENG-002-001-003	Page 0	Pages 115	Revi. B

Innhald

AVFALLSHANDTERINGSPLAN	0
ENGEBØ RUTILE AND GARNET	0
1 INTRODUKSJON	4
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Formålet til avfallshandteringsplanen	4
1.3 Relevante standardar og lovverk	5
1.3.1 Forskrifter for gruveavfall	6
1.3.2 Krav sett i løyva	7
1.3.3 Styringsdokument	7
1.4 Rapporten sin struktur	8
2 BESKRIVING AV TILTAKET OG OMRÅDET RUNDT	9
2.1 Geografisk bakgrunn	9
2.2 Beskriving av tiltaket	12
3 UTFORMING OG VAL AV METODE FOR MINERALUTVINNING	14
3.1 Bakgrunn	14
3.1 Effektiv infrastruktur.....	15
3.2 Kunnskap om ressursgrunnlaget	17
3.3 Val av uttaksform	20
3.4 Vald løysing for prosessering av malm og uttak av verdimineraler	25
3.4.1 Produksjon av rutil	27
3.4.2 Produksjon av granat.....	27
3.4.3 Produksjon av pyritt	29
3.5 Energiforbruk og klimaavtrykk	29
3.6 Tilpassa produksjon	30
3.7 Vurdering av moglegheitene for tilbakefylling	31
3.8 Vurdering av rein underjordsdrift og tilbakefylling	34
3.9 Etablering av anlegg for deponi under jord	42
3.10 Vurdering av deponiløysning for handtering avgang	44
4 MINIMERING OG SAL AV AVFALLSMASSAR	50
4.1 Avfallsreducerande tiltak	51
4.2 Tilbakefylling i dagbrot og bergrom	51
4.3 Bruk av avfallsmassar til interne formål	51
4.4 Bruk av avfallsmassar til eksterne formål	51
4.4.1 Bruksområder for gråberg	52
4.4.2 Bruksområder for avgangsmassar	55

4.4.3	Eksterne initiativ for å utvikle bruksområde for restmassar.....	57
5	KARAKTERISERING AV AVFALL FRÅ DRIFTA	57
5.1	Geologisk bakgrunn.....	57
5.2	Beskriving av ulike avfallsstraumar.....	59
5.3	Geoteknisk karakterisering av avfallet.....	60
5.4	Geokjemisk karakterisering av avfallet.....	61
5.4.1	Geokjemisk karakterisering av Gråberg.....	62
5.4.2	Malmlager	64
5.4.3	Sediment i sedimentasjonsbassenget.....	65
5.4.4	Avgang frå prosessering av malm.....	66
5.5	Innhald av asbest.....	68
5.6	Innhald av mikroplast	68
5.7	Samandrag av beskriving av avfall	69
6	KLASSIFISERING AV AVFALLSHÅNTERINGSANLEGG	69
6.1	Klassifisering av områder for lagring av avfall	69
6.1.1	Definisjon av eit risikoanlegg (Kategori A avfallsanlegg)	69
6.1.2	Vurdering av et risikoanlegg	70
7	DESIGN OG DRIFT AV GRUVEAVFALLSANLEGG	71
7.1	Gråbergsdeponi.....	71
7.1.1	Undersøking av grunnforhold og overdekke	71
7.1.2	Førebuing.....	73
7.1.3	Oppbygging av gråbergdeponiet og malmlager	75
7.1.4	Stabilitet i gråbergsdeponiet.....	78
7.1.5	Vassbalanse og tilsig	78
7.2	Sedimentasjonsbasseng	80
7.3	Sjødeponi.....	85
7.4	Prosedyrar for kontroll og driftsovervaking	87
8	AVSLUTNING OG REHABILITERING AV AVFALLSANLEGG	88
8.1	Plan for avslutning og rehabilitering.....	88
8.1.1	Gråbergsdeponi	89
8.1.2	Sedimentasjonsbasseng	92
8.1.3	Sjødeponiet.....	92
9	TILTAK FOR Å UNNGÅ MILJØ- OG SAMFUNNSPÅVERKING.....	93
9.1	Vasskvalitet.....	94
9.1.1	Effektar knytt til gråbergsdeponi og tilhøyrande sedimentasjonsbasseng...	94
9.1.2	Effektar knytt til sjødeponi	97

9.2	Luftkvalitet	101
9.2.1	Effektar frå gråbergsdeponi	101
9.2.2	Effektar frå sjødeponiet.....	101
9.3	Plan for naturmangfald	101
9.4	Samfunnskontakt og involvering	104
10	KONTROLL OG MILJØOVERVAKING	105
10.1	Overvaking i driftsfasen	105
10.2	Overvaking i anleggsfasen.....	107
10.3	Overvaking etter drift	112
11	REVISJON AV AVFALLSHANDTERINGSPLANEN	113
12	REFERANSAR	114

1 INTRODUKSJON

1.1 Bakgrunn

Denne avfallshandteringsplanen er utvikla for Engebøprosjektet, av Nordic Rutile AS i samarbeid med SRK, UK. Den tekniske utforminga av gråbergsdeponi, geotekniske vurderingar og vassbalanse er utført i samarbeid med Asplan Viak. Planen er utvikla i tråd med krava i utsleppsløyvet. Nordic Rutile utviklar Engebøprosjektet med høge standardar for miljø og berekraft. Avfallshandteringsplanen er eit viktig ledd i dette arbeidet.

Engebøprosjektet er lokalisert i Sunnfjord Kommune i Vestland Fylke. Førekomsten ligg på nordsida av Førdefjorden, og det er kort veg frå førekomsten til Florø og Førde som er dei to største byane i området, begge med flyplass.

Førekomsten er kjent som ein titanressurs sidan midten av 1970-talet, og har vore under aktiv undersøking og utvikling sidan midten av 1990-talet. Nordic Rutile AS, eit heileigd dotterselskap av Nordic Mining ASA, har eigd rettighetene til førekomsten sidan 2006, og har kontinuerleg jobba fram mot realisering av prosjektet. Prosjektet er i 2023 under utbygging med planlagt oppstart av drift i andre halvdel 2024.

Engebøprosjektet er eit gruveprosjekt der malm og gråberg skal brytast for å mate eit prosessanlegg med 1,5 millionar tonn eklogittmalm per år, først i dagbrot og deretter i underjordsgruve. Malmen prosesserast for å lage to mineralprodukt: rutil og granat. Rutil skal nyttast som råstoff til titanmetallindustrien samt til produksjon av fargepigment, medan granat skal brukast i industrielle vass-skjæreprosessar. Titan står på EU si liste over kritiske råstoff med målsetning om å sikre tilgangen til EU/Europa. Med EUs 'Critical Minerals Act' ønsker EU å sikre at min. 10% av produksjon av kritiske mineral produserast i EU. Titan er vidare på USA og Canada si liste over kritiske råstoff.

Prosjektets levetid er, basert på målte og indikerte ressursar (i samsvar med JORC-klassifisering), berekna til ca. 39 år. I denne perioden vil følgande avfallsanlegg for mineralisk avfall bli anlagt:

- Gråbergsdeponi for grovskote stein som skal lagrast i Engjabødalen på nordsida av førekomsten
- Avgangsdeponi for finmala avgang frå mineralprosesseringa som skal lagrast i eit fjorddeponi på om lag 300 meters djup innanfor regulert deponiområde i Førdefjorden
- Sedimentasjonsbasseng for sediment frå avrenning frå 1) gråbergsdeponiet og 2) dagbrotet som lagrast i eit sedimentasjonsbasseng ved foten av gråbergsdeponiet

1.2 Formålet til avfallshandteringsplanen

Formålet med avfallshandteringsplanen er å beskrive det mineralske avfallet frå drifta samt å beskrive korleis Nordic Rutile planlegg å minimere, utnytte og handtere avfallet. Planen er forankra i *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskrifta) Kapittel 17* - «Handtering av mineralavfall frå mineralindustrien» som er norsk implementering av EU sitt direktiv 2006/21 'Management of Waste from Extractive Industries'. Avfallshandteringsplanen er og utforma i tråd med bedriftas miljøpolicy, relevante protokollar i 'Towards Sustainable Mining (TSM)' og EU sin retningslinje for beste tilgjengelege teknikk (BAT).

Avfallshandteringsplanen skal dekke følgjande punkt frå utsleppsløyvet (2021):

- Karakterisering av mineralavfallet
- Beskriving av effektar på miljøet og menneske si helse som følgje av deponering av mineralavfallet
- Forslag til tiltak for å minimere miljøpåverkinga, inkludert tiltak for å førebygge svekking av vasskvaliteten og å hindre eller minimere luftforureining
- Beskriving av mogleg tilbakeføring av masser
- Beskriving av mogleg alternativ bruk av masser
- Forslag til plan for avslutting, inkludert rehabilitering av deponiområda
- Forslag til plan for etterdrift og framgangsmåtar for overvaking og kontroll etter avslutta drift

1.3 Relevante standardar og lovverk

Dei primære løyva som er gitt for prosjektet er presentert i Tabell 1 - Primære løyver for Engebøprosjektet

Nordic Rutile har alle dei behøvde løyva for Engebøprosjektet. Miljøomsyn og berekraft er viktige kriteria for myndighetene si behandling av reguleringsplan, utsleppsløyve og driftsløyve. Reguleringsplanen og utsleppsløyvet er basert på konsekvensutreiinga og det påfølgjande arbeidet som vart gjort fram mot godkjenning av utsleppsløyvet i 2016.

Tabell 1 - Primære løyver for Engebøprosjektet

Løyve	Myndigheit	Status
Reguleringsplan (Under plan- og Bygningsloven (2008))	Sunnfjord og Askvoll kommune	Endeleg godkjenning i 2015 med oppdatert detaljreguleringsplan godkjent i 2021.
Utsleppsløyve (Under forureiningslova (1981))	Miljødirektoratet	Tildelt i 2016, revidert utgåve godkjent 2021
Driftsløyve (Under Minerallova (2009))	Direktorat Mineralforvaltning for	Endeleg godkjent i 2022
Byggeløyve (Under Plan- og Bygningsloven (2008))	Sunnfjord Kommune	Løyve for grunnarbeid og riving av bygningar gitt i 2022. Søknadar om oppføring av bygningar vil sendast inn i andre halvdel av 2022

1.3.1 Forskrifter for gruveavfall

Handtering av avfall frå gruveindustrien er regulert av forskrifta om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskrifta) Kapittel 17 – «Handtering av mineralavfall frå mineralindustrien» datert til 15. juni 2012. Avfallsforskrifta er utforma for å sikre at avfall blir handtert på ein trygg og kontrollert måte, slik at skader på miljø og menneske blir hindra eller redusert i så stor grad som mogleg.

Avfallsforskrifta stiller krav til følgjande:

- Godkjenning av områder for deponering av avfall, inkludert ein avfallshandteringsplan samt ein finansiell sikkerheitsstilling for avslutning
- Oppbygging, drift og avslutning av deponia, samt detaljar om korleis hindre påverknad på vasskvalitet, luftkvalitet og grunnforholda
- Plan for å hindre og å være førebudd på større ulykker/hendingar for avfallshandteringsanlegga

I tillegg inneheld avfallsforskrifta tre vedlegg for å: 1) hindre større ulykker, 2) kriteria for karakterisering av mineralsk avfall, og 3) kriteria for karakterisering av avfallshandteringsanlegg.

Avfallsforskrifta Kapittel 17-7 omtalar krav til avfallshandteringsplan spesifikt. Slik det framkommer skal driftsansvarleg utarbeide ein avfallshandteringsplan for minimering, behandling, attvinning og deponering av mineralavfall ut i frå prinsippet om berekraftig utvikling. Føremålet med planen er å hindre eller redusere avfallsproduksjonen og negative miljøkonsekvensar av den, samt å framme nyttiggjering av mineralavfallet dersom dette er miljømessig fornuftig og å sikre sikker deponering av mineralavfall på kort og lang sikt.

Avfallshandteringsplanen skal gje tilstrekkelege opplysningar slik at det er mogleg for forureiningsmyndigheita å vurdere den driftsansvarlege si emne til å nå måla med avfallshandteringsplanen og forplikingane i samsvar til dette kapitlet. Planen skal særleg forklare korleis vald metode for mineralutvinning og behandling redusera avfallsproduksjonen og miljøkonsekvensane av den.

Avfallshandteringsplanen skal minst innehalde følgjande:

- a. ei karakterisering av mineralavfallet i samsvar med vedlegg II til dette kapitlet
- b. ei beskriving av korleis miljøet og menneskers helse kan bli skada av deponering av mineralavfallet
- c. forslag til tiltak for å minimere miljøpåverknaden, inkludert tiltak for å førebygge forringing av vasskvaliteten og å hindre eller minimere luftforureining
- d. forslag til framgangsmåtar for overvaking og kontroll
- e. forslag til plan for avslutning, inkludert ein plan for rehabilitering
- f. dersom relevant, forslag til plan for etterdrift og forslag til framgangsmåtar for overvaking og kontroll etter avslutning

Driftsansvarleg skal vurdere avfallshandteringsplanen [minimum] kvart femte år etter at avfallshandteringsplanen første gang har blitt godkjent. Dersom det gjerast vesentlege endringar i drifta av avfallsanlegget eller det deponerte avfallet, skal avfallshandteringsplanen endrast. Eventuelle endringar skal meldast forureiningsmyndigheita.

1.3.2 Krav sett i løyva

Utsleppsløyvet og reguleringsplanen inneheld beskrivingar av deponiområda og reguleringar som påverkar utforminga og drifta.

Gråbergsdeponiet er i utsleppsløyve klassifisert som klasse 3 deponi (landdeponi for inert avfall). Deponiet har eit maksimalt oppfyllingsvolum på 15 millionar m³ gråberg i samsvar med reguleringsplan. Gråberg definerast som stein utan tilstrekkelege verdimineraler som må takst ut under gruvedrifta for å komme til malmen. Deponiet skal være utforma og kontrollert på ein slik måte at forureining til luft, grunn, overflatevatn og grunnvatn blir redusert i så stor grad som mogleg.

I reguleringsplan er et område på 4,4km² i Førdefjorden regulert til sjødeponi. Sjødeponiet er godkjent for eit totalt volum på 250 millionar tonn avgang. Avgang definerast som restmassar som er igjen etter at mineralprodukta er utvinne ved prosessering.

Utsleppsløyve setter grenser for mengde partiklar i vassøyla og sedimentering på botnen av fjorden med utgangspunkt i at det ikkje skal førekome effektar av deponiet utanfor det regulerte området. Deponiområdet skal overvakast kontinuerleg for å sikre at drifta er i samsvar med løyva. Type og mengde mineralsk avfall skal rapporterast til miljødirektoratet årleg (innan 1. mars).

Løyva dekkjer også avrenning til og frå sedimentasjonsbassenget ved foten av gråbergsdeponiet. Avrenning frå gråbergsdeponiet og dagbrotet leiast til sedimentasjonsbassenget kor reinsa vann vidare leiast ned via grøft ut i fjorden eller til bruk som prosessvann.

Utsleppsløyvet inneheld forventingar til å minimere behovet for deponering av avfall ved tilbakefylling og alternativ bruk av avgang og gråberg. Arbeidet med å finne alternativt bruk for å minimere deponeringsbehovet skal årleg rapporterast til Miljødirektoratet. For å møte forventningane til utsleppsløyvet i høve reduksjon i deponeringsbehov skal avfallshandteringsplanen også innehalde:

- Beskriving av mengder gråberg/avgang som kan tilbakeførast til holrom i fjellet
- Beskriving av korleis Nordic Rutile arbeider med å selje/anvende avgang og gråberg som råstoff til alternative formål/produkt, og korleis avgang og gråberg kan erstatte uttak av jomfruelege masser

1.3.3 Styringsdokument

Styringsdokument for handtering av avfall frå gruveindustrien som også ligger til grunn for denne avfallshandteringsplanen er:

- Dokument for EU si beste tilgjengelege teknikk (BAT): *'European Commission Reference Document on Best Available Techniques for Management of Waste from the Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC 2018'*

- *'Towards Sustainable Mining (TSM)' protokoller for berekraftig mineralindustri.* Bransjeorganisasjonen Norsk Bergindustri jobbar med implementering av TSM i Norge. Nordic Rutile sikter mot en A-nivå for drifta på Engebø

1.4 Rapporten sin struktur

Rapporten vil strukturast på følgjande måte

- Kapittel 1: Introduksjon
- Kapittel 2: Beskriving av tiltaket og området rundt
- Kapittel 3: Utforming og val av metode for mineralutvinning
- Kapittel 4: Minimering og sal av avfallsmassar
- Kapittel 5: Karakterisering av avfall
- Kapittel 6: Klassifisering av avfallshandteringsanlegg
- Kapittel 7: Design og drift av avfallsanlegg
- Kapittel 8: Avslutting og rehabilitering av avfallsanlegg
- Kapittel 9: Tiltak for å unngå miljø- og samfunns påverknad
- Kapittel 10: Kontroll og miljøovervaking
- Kapittel 11: Revisjon av avfallshandteringsplan
- Kapittel 12: Referanseliste

Tabell 2 viser krav frå avfallsforskrifta Kapittel 17-7 og slik det framkjem i utleppsløyvet, og viser til kor i avfallshandteringsplanen dei ulike elementa beskrivast.

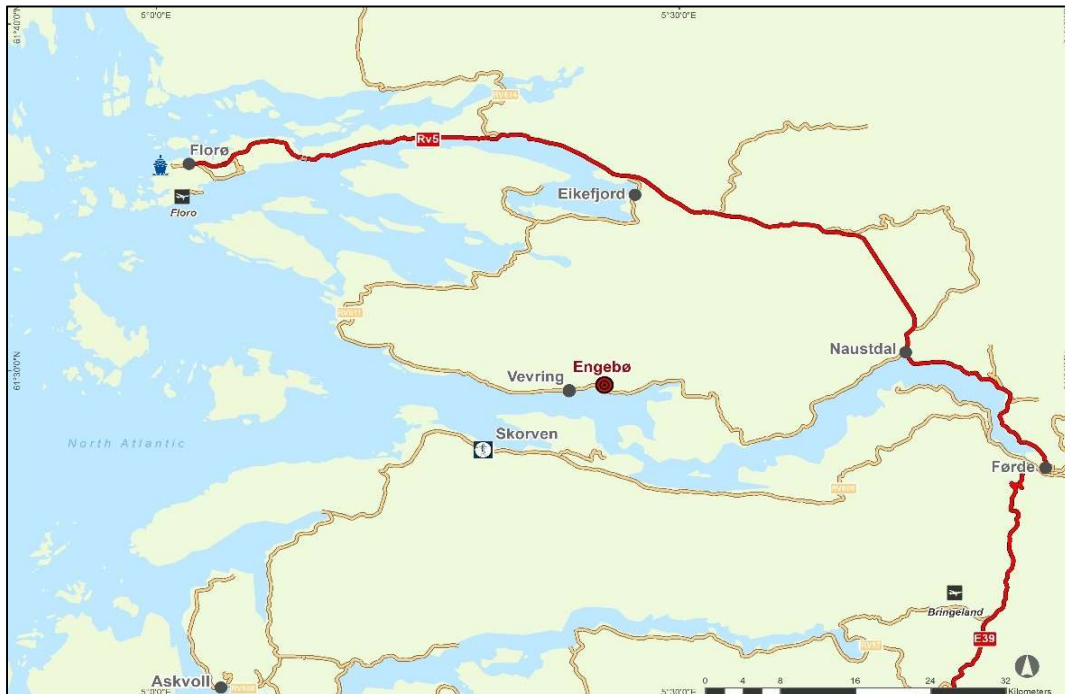
Tabell 2 - Innhald i ein avfallshandteringsplanen i følgje Avfallsforskrifta (17-7)

Informasjonskrav gitt Kapittel 17-7 og utleppsløyve	Beskrivelse av krava	Relevante Kapittel i denne planen
Avfallsforskrifta Kap. 17-7	Forklaring til korleis utforming og val av metode for mineralutvinning og behandling bidreg til å oppfylle avfallshandteringsplanen sitt formål som er å redusere avfall og avfallet sin skadelegeheit	Kapittel 3
Avfallsforskrifta Kap. 17-7 og utleppsløyve 8.3.2	Beskriving av moglegheitene for tilbakefylling av massar	Kapittel 3
Avfallsforskrifta Kap. 17-7 og utleppsløyve 8.3.3	Beskriving av alternativ bruk av massar	Kapittel 4
Avfallsforskrifta Kap. 17-7(a) og utleppsløyve 8.3.1(a)	Ei beskriving av mineralavfallet	Kapittel 5, 6 og 7
Avfallsforskrifta Kap. 17-7(b) og utleppsløyve 8.3.1(b)	Ei beskriving av korleis miljø og menneskes helse kan bli skada av deponeringa av mineralavfallet	Kapittel 9
Avfallsforskrifta Kap. 17-7(c) og utleppsløyve 8.3.1(c)	Forslag til tiltak for å minimere miljøpåverknaden, inkludert tiltak for å hindre forringing av vasskvalitet og hindre eller minimere forringing av luftkvalitet	Kapittel 9
Avfallsforskrifta Kap. 17-7(d) Krav til overvaking er beskrive i Kap. 10 i utleppsløyve	Forslag til framgangsmåtar for overvaking og kontroll av deponia	Ein plan for miljøovervaking har blitt utforma i eige dokument og er attgjeven i Kapittel 10
Avfallsforskrifta Kap. 17-7(e) og utleppsløyve 8.3.1(f)	Forslag til plan for avslutning, inkludert rehabilitering av deponiområda	Kapittel 8
Avfallsforskrifta Kap. 17-7(f) og utleppsløyve 8.3.1(g)	Forslag til plan for etterdrift og forslag til framgangsmåtar for overvaking og kontroll etter avslutning	Kapittel 8 og 10

2 BESKRIVING AV TILTAKET OG OMRÅDET RUNDT

2.1 Geografisk bakgrunn

Engebøprosjektet ligg lokalisert ved Vevring i Sunnfjord kommune på vestkysten av Noreg. Engebø (Figur 1) er det lokale namnet på eit landbruksområde under Engebøfjellet som inneheld eklogittførekomsten. Fjellet ligg parallelt med Førdefjorden og går frå havnivå opp til 335 meter.



Figur 1 - Geografisk plassering av Engerbøprosjektet

Klimaet på Engerbø er typisk for vestlandet med lange relativt varme dagar om sumaren til korte, relativt kalde dagar på vinteren. Grunna nærleiken til fjorden og kysten er det ikkje langvarig tele, og snøen ligg sjeldan meir enn eit par månadar. Årleg fell det om lag 2.000 mm nedbør over Engerbø fordelt ut over alle fire årstider.

Figur 2 viser prosjektområdet på Engerbø. Området ligg på nordsida av Førdefjorden mellom to små vassdrag, Støselva i vest og Grytaelva i aust. Ein mindre sidebekk til Grytaelva renn gjennom området regulert til gråbergsdeponi. Vasskvaliteten er generelt god, men grunna låg alkalinitet er det ikkje føretrekte drikkevasskjelder. Det er ikkje aktivt hobbyfiske i elvane, men begge elver fører aure og ål. Aurebestanden i Grytaelva vandrar ut i havet, og Grytaelva er difor klassifisert som regionalt gyteområde for aure.



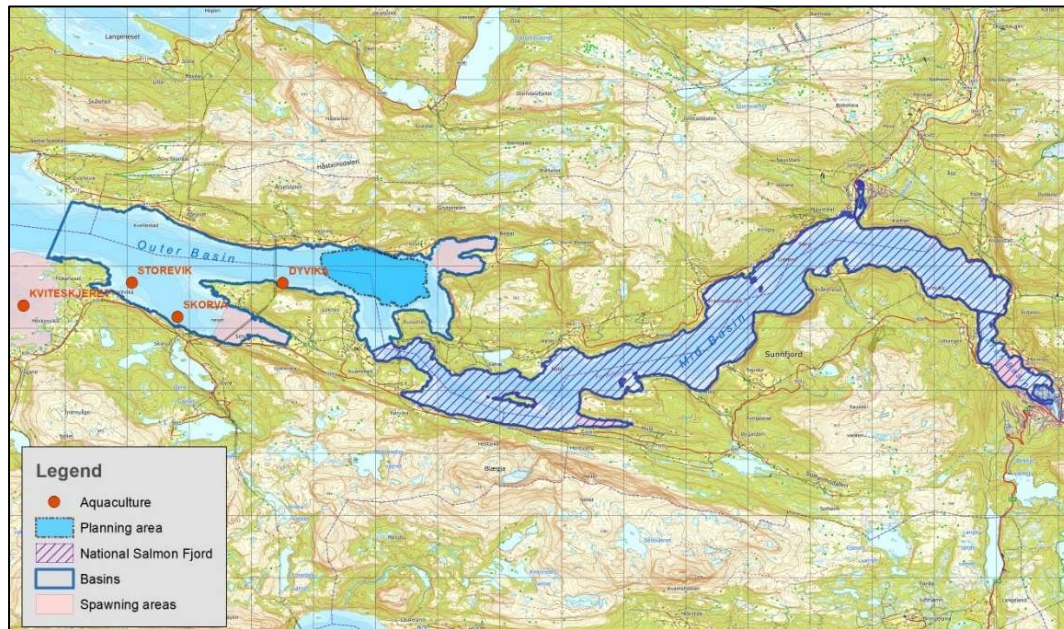
Figur 2 - Oversiktskart over prosjektområdet på Engebø

Toppen av Engebøfjellet, der malmuttaket vil føregå, er dominert av borealhei med hyppige blottingar av fjell (utgåande malm) og lyngvekst. Omliggande fjellsider er dekt av både naturleg og planta skog. På den sørlege sia av Engebøfjellet finns eit habitat av rik edellauvskog. Her er det også dokumentert ein raudelista orkidé art og alm. Prosessområdet, som er lokalisert ved foten av fjellet, er dominert av dyrka mark, primært brukt som beiteland og fôr for dyr.

Prosjektområdet ligg i ein relativt tynt busett del av Sunnfjord kommune. Området er dominert av spreidd gardsdrift, og tettstaden Vevring ligg vest for Engebøfjellet. I Vevring bur det om lag 300 personar, og det er ein skule, barnehage, ein butikk og ei kyrkje i tillegg til bustadhus. Naustdal sentrum ligg om lag 20 km aust for Engebø. Her bur om lag 2.000 personar, og i sentrum finn ein skule, butikk, kyrkje og bensinstasjon i tillegg til eit relativt tettbygd sentrumsområde. 30 km aust for Engebø ligg Førde som er administrasjonssenteret i Sunnfjord kommune og den største byen mellom Bergen og Ålesund.

Askvoll kommune ligg lokalisert på motsett side av Førdefjorden frå Engebø. Delar av området som er regulert til sjødeponi ligg innanfor kommunegrensa til Askvoll. Kommunen har om lag 3.000 innbyggjarar, og økonomien i kommunen er driven av mindre verksemdar, fiske og landbruk.

Førdefjorden er ein 40 kilometer lang fjord som er delt inn i tre delar; Indre, Midtre og Ytre Førdefjorden. Førdefjorden er definert av ein grunn terskel mellom den ytre og midtre delen. Figur 3 viser det regulert område for sjødeponi og er markert med mørkeblått ('planning area') i det ytre bassenget. Fjordbassenget i den ytre delen har bratte sida og en tilnærma flat fjordbund på om lag 300 meter djup. Bunden er karakterisert som eit sedimentasjonsmiljø med fleire millionar kubikkmeter med leire- og silthaldig sediment akkumulert frå omliggande landmassar sidan siste istid.



Figur 3 - Oversikt over Førdefjorden delt inn i ulike soner og regulert område for sjødeponi

Den indre og midtre delen av fjorden er klassifisert som nasjonal laksefjord, markert i Figur 3. Området regulert for sjødeponi ligg i den ytre delen av Førdefjorden utanfor den nasjonale laksefjorden og utgjør om lag 5% av det totale fjordarealet. Habitatet på botnen av Førdefjorden er dominert av blautbotnsdyr (benthos) med artar av djupvassfisk. 4 lokalitetar for oppdrettsanlegg ligg vest for deponiområdet slik vist i Figur 3.

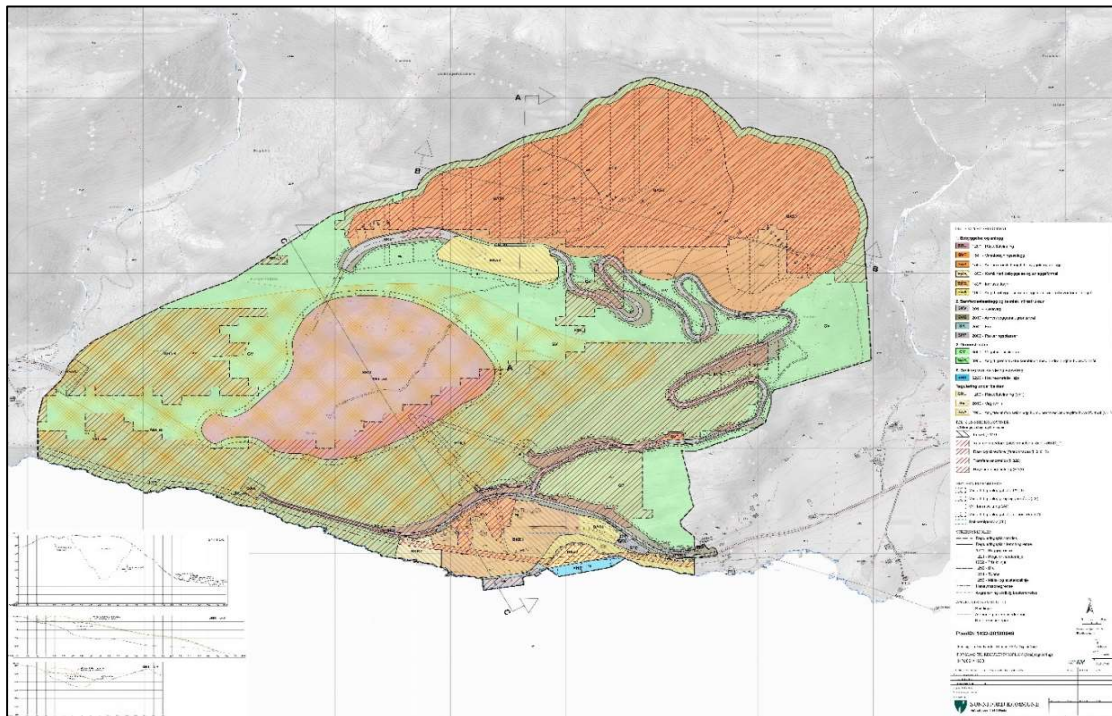
2.2 Beskriving av tiltaket

Engebøprosjektet ligg innafor området detaljregulert for mineraluttak og mineralprosessering på Engebø. Kart for reguleringsplan er vist i Figur 4 og kart for detaljregulering er vist i Figur 5. Om lag 2 km² landareal er regulert til industriformål og 4,4 km² er regulert til deponi på havbotnen, sjå Figur 4.

Infrastruktur som omfattar prosjektet består, grovt sett, av to hovudområde:

- Malmuttak (dagbrot og underjordsgruve), service-område, sedimentasjons basseng og gråbergsdeponi
- Prosessområde inkludert djupvasskai og fjorddeponi

Ferskvatn for prosessanlegget vil produserast frå avsalting av sjøvatn pumpa opp frå om lag 50 meter djup utanfor prosessanlegget. Elektrisk straum vil takast frå det eksisterande 22kV-nettet som i dag går gjennom prosjektområdet.



Figur 5 - Detaljreguleringsplan for Engebøprosjektet

3 UTFORMING OG VAL AV METODE FOR MINERALUTVINNING

3.1 Bakgrunn

Driftsmetoden for Engebøprosjektet har blitt utvikla og optimalisert gjennom ulike studiar, frå bedrifta overtok rettighetene til førekomsten i 2006, og fram til endeleg 'Bankable Feasibility Study' vart ferdig i 2021. I val av driftsmetode har bedrifta søkt å finne løysningar for eit berekraftig industriprosjekt med omsyn til samfunn, miljø og økonomi, med utgangspunkt i ressursen sine naturgitte betingelsar. Viktige fokusområde er:

- teknisk gjennomføring
- ressursutnytting
- sameksistens med naboar og lokalsamfunn
- minimere påverknaden på naturmiljø og utslepp av klimagassar
- gje grunnlag for robust økonomisk drift

Ettersom ny kunnskap knytt til ressursen, drifta, miljøaspekt og marknadspotensial har blitt utvikla har prosjektet blitt stadig meir modent. Denne utviklinga fortset gjennom utbygging og drift.

Då Nordic Mining overtok rettighetene for Engebøprosjektet i 2006 frå Conoco Phillips var uttaksscenarioet for førekomsten rein dagbrotsdrift og uttak på 10 millionar tonn malm per år. Etter det har den planlagde drifta endra seg betrakteleg. Det har som del av Nordic Rutile si prosjektutvikling blitt innhenta ny kunnskap om ressurs, miljø og driftsløysningar. Blant anna har bedrifta gjennomført 2 boreprogram, ei rekke mogleighetsstudiar og konsekvensutgreiingar.

I løpet av prosjektperioden har det blitt innhenta omfattande grunnlagsdata for biologi, miljø og hydrologi i prosjektområdet, og det er gjennomført ein rekke konsekvensutgreiingar for prosjektet. Arbeidet omfatta i overkant av 90 utgreiingsrapportar frå ulike faginstansar.

Moglegheitsstudiar som bedrifta har gjennomført har inkludert:

- Scoping Study (Wheeler og Dowdell, 2009)
- Pre-Feasibility Study (Hatch, 2017)
- Definitive Feasibility Study (Hatch, 2020)
- Updated Definitive Feasibility Study (Hatch, 2021)

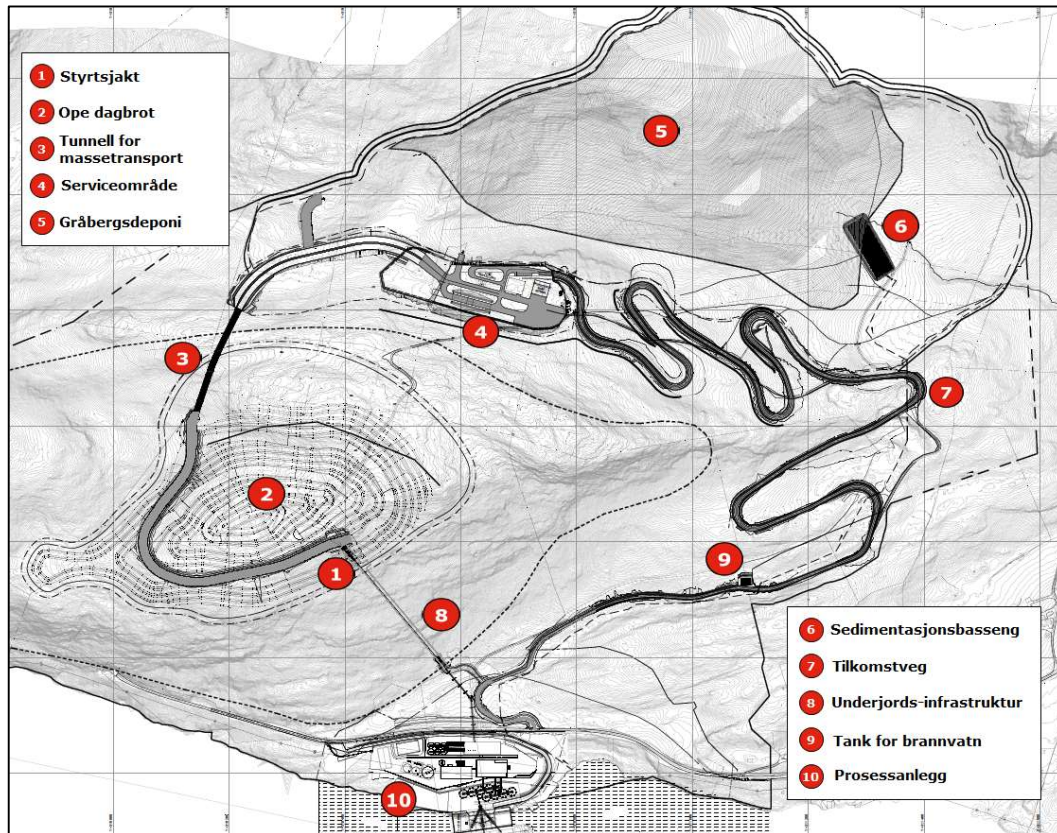
'Bankable Feasibility Study' eller 'Definitive Feasibility Study' (DFS) er eit studie for å vurdere teknisk, økonomisk, miljø- og samfunnsmessig gjennomføring for eit gruveprosjekt. DFS dannar grunnlag for finansiering og avgjerdse om investering og utbygging. Ein DFS gjennomførast i tråd med internasjonale retningslinjer av anerkjende konsulentfirma som er spesialisert på tredjepartsvurderingar av gruveprosjekt. I ein DFS leggjast dokumenterbare og til dels konservative parameterar til grunn for berekning av produksjon, drift og prosjektøkonomi. DFSen for Engebøprosjektet vart utarbeida av Hatch basert på retningslinjer gitt i JORC Code (2012).

Etter at DFS for Engebøprosjektet vart ferdigstilt i 2020 vurderte Nordic Ruile at prosjektet ga rom for ytterlegare forbetringar med omsyn til utforming og kostnader. I 2021 ble det difor laga ein 'Updated Definitive Feasibility Study' (UDFS). Det vart i den samanhengen gjennomført ei tredjeparts 'value engineering' av konsulentselskapet Ausenco. Arbeidet resulterte i forbetra arealløysningar, redusert klimagassutslepp og forbetra prosjektøkonomi. UDFS danna grunnlaget for finansiering av Engebøprosjektet som resulterte i fullfinansiering i 2023. Prosjektet er no i ein aktiv byggefase med planlagt driftsoppstart i andre halvdel 2024.

I dette kapitelet beskrivast løysningar og tilpassingar som er gjort i prosjektet for å skape berekraftig drift over tid.

3.1 Effektiv infrastruktur

Figur 6 viser infrastrukturen for prosjektet. Prosjektområdet kan delast inn i dagbrot, underjordsgruve, serviceområde, gråbergsdeponi, midlertidige malmlager, sedimentasjonsbasseng, prosessområde og område regulert til sjødeponi.



Figur 6 - Prosjektområdet for Engebøprosjektet

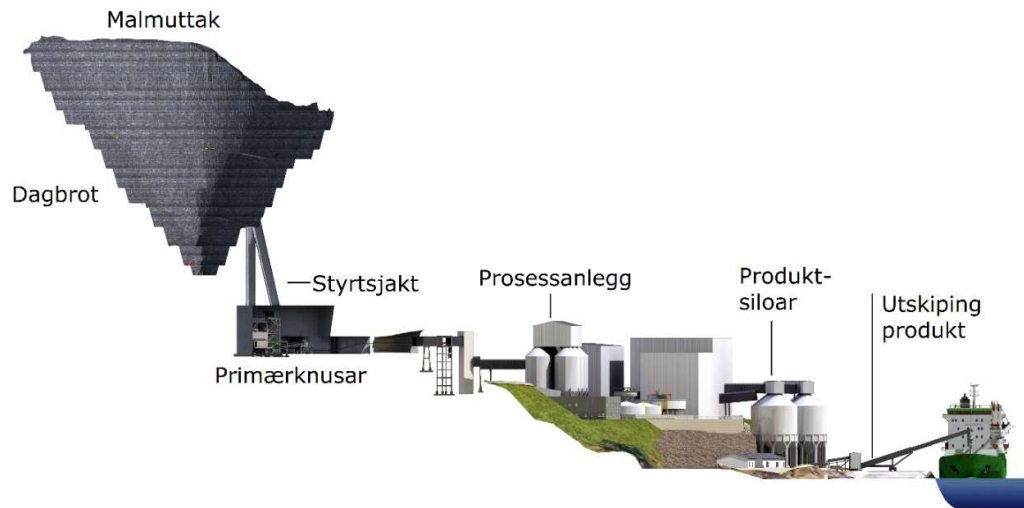
Malmuttaket vil først skje gjennom dagbrot og deretter ved underjordsdrift. Dagbrotet vil generere 29,7 millionar tonn malm og 18,9 millionar tonn gråberg over ein periode på 15 år. Underjordsdrifta vil generere 27,3 millionar tonn malm og 0,78 millionar tonn gråberg over 18 års drift. Gråberg frå dagbrotet og underjordsgruva vil transporterast til gråbergsdeponiet. I tillegg vil gråbergsdeponiet romme malm i form av eit mellomlager.

Engebøfjellet si plassering ved Førdefjorden med umiddelbar nærleik til djupvasskai gjer at prosjektet har ein svært gunstig infrastruktur med begrensa interntransport og arealbeslag. Dette er ein konkurransefordel for økonomisk drift på Engebø og gir miljømessige fordelar for naturmiljøet og redusert energiforbruk med tilhøyrande redusert klimagassutslepp. Området gir og moglegheit for plassering av prosessanlegg med begrensa innsyn frå nære naboar.

På 1990-tallet vart det drive eit mindre steinbrot for produksjon av blokkstein på Engebøfjellet. Det var difor ein del infrastruktur i området då Nordic Mining overtok rettighetene, som veg opp til fjellet, steinbrot (ved punkt 9 i Figur 6) og ei djupvasskai. Denne infrastrukturen utnyttast i utbygginga av prosjektet, men krevjar oppgradering.

Det vart i løpet av prosjektutviklinga valt å etablere ei styrtsjakt på toppen av førekomsten. Malm frå dagbrotetsdrifta førast ned sjakta til ein grovknusar som er plassert inne i fjellet. Plassering av grovknusar i fjell gjer at nærområdet skjermast for støy og støv frå knusinga. Knust malm førast ut av fjellet på transportband til eit prosessanlegget ved foten av fjellet for vidare nedknusing og prosessering for

produksjon av rutil og granat. Granat og rutil lagrast i produktsiloar på kaianlegget før utskipping. Figur 7 viser eit snitt gjennom Engebøfjellet med plassering av dagbrot, styrtsjakt, prosessanlegg og kai. Styrtsjaktka mogleggjer effektiv flytting av malm og redusert energiforbruk og utslepp av klimagassar.



Figur 7 - Skjematisk oversikt over operasjonen på Engebø

Prosessanlegget ligger ved foten av Engebøfjellet. Som del av UDFS vart arealbeslaget for prosessanlegget redusert med 40% gjennom en rekke forbedringer og effektiviseringa av anlegget.

Gråberg frå dagbrotsdrifta køyrast til Engjabødalen som er et naturlig dalsøkk på baksida av fjellet (sjå punkt 5 i Figur 6). Etablering av gråbergsdeponi i Engjabødalen vart vurdert som den beste løysinga for lagring av gråberg. Dalsøkket er i umiddelbar nærleik til gruva som gir minimal dumpertransport og på denne måten begrensar klimaavtrykket. Dalen ligg også skjerna for bebyggelsen rundt. Nedslagsfeltet for nedbør i dalen er begrensa noko som gir god kontroll på avrenning frå gråbergsdeponiet, sjå nærare beskriving i Kapittel 7.

Nordic Rutile vurderer det som sannsynleg at gråberg over tid vil være ein salbar ressurs og at gråbergsdeponiet kan difor være midlertidig, sjå Kapittel 4. Ein trygg lagringsplass for alt av gråberg er likevel en føresetnad for prosjektet.

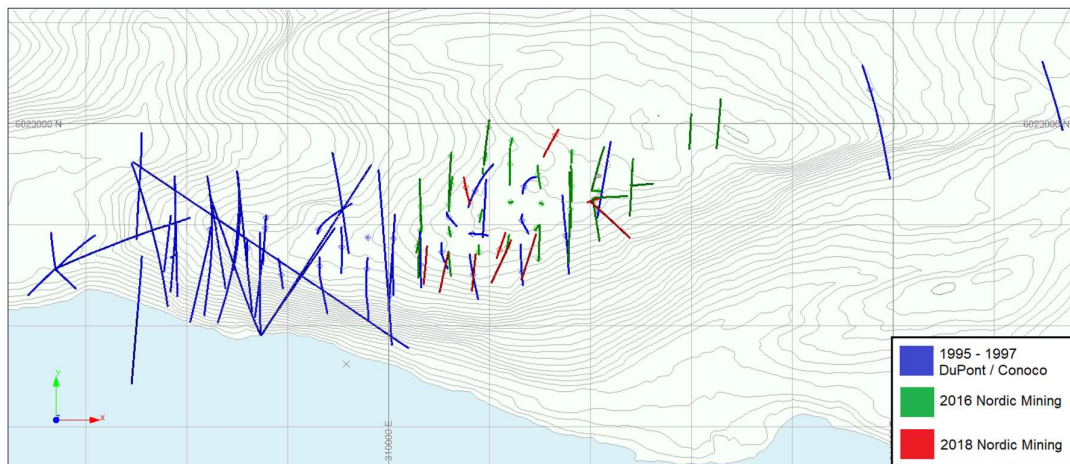
3.2 Kunnskap om ressursgrunnlaget

Kunnskap om malmressursen på Engebø danner fundamentet for vurdering av eigna utforming og driftsmetode. Ressursen er av bergarten eklogitt og kjenneteiknast av eit høgt innhald av rutil og granat. Engebøførekomsten vart først kjent som ein rutilressurs på midten av 1970-talet og vart oppdaga ved at rutil vart identifisert i vegtunellen som var bygd gjennom Engebøfjellet i 1967. I løpet av 1990-talet vart det gjennomført boringar i regi av DuPont/Conoco Phillips, som då eigde rettighetene til førekomsten. Om lag 15.000 meter borkjernar vart henta ut frå førekomsten. Då Nordic Mining kjøpte rettighetene til førekomsten frå DuPont/ConocoPhillips i 2006 overtok bedrifta også rettighetene til borekjernematerialet og ei omfattande database med analysedata. Dupont sitt ressursanslag var på det tidspunktet at førekomsten inneheldt 387 millionar tonn malm. Ressursestimatet fokuserte på innhald av rutil og ikkje granat. Sidan Dupont/Conoco vurderte den kommersielle verdien av granaten som låg vart

undersøkingar av granaten ikkje i fokus. Granaten vart i stor grad anset som eit avfallsprodukt frå drifta.

I 2009, som del av Scoping Studie for prosjektet, blei det gjort eit ressurstemat av førekomsten av ein uavhengig tredjepart i tråd med den internasjonale JORC-standarden. Målsetninga med JORC er å gi ein kvalifisert klassifisering av malmressursane som gir grunnlag for prosjektfinansiering. I henhold til JORC er det berre ressursar med høg geologisk sikkerheit som kan nyttast til berekningar av uttak, produkt og prosjektøkonomi. Desse ressursane definerast som målte og indikerte ressursar (measured/indicated). Utleia ressursar (inferred) har lågare geologisk sikkerheit og kan inkluderast i driftsplanen gjennom ytterlegare boringar for å heve kunnskapsnivået. Ressurstematet for Engebøførekomsten er utført av 'Qualified Person' (kvalifisert person) Adam Wheeler.

For å utbetre ressurskunnskapen har Nordic Rutile i etterkant gjennomført to boreprogram. I høvesvis 2016 og 2018 tok Nordic Rutile ut 8.000 meter borkjerner fokusert i den sentrale delen av førekomsten. Oversikt over kjerneboringar er vist i Figur 8.



Figur 8 - Oversikt over kjerneboring utført i Engebøførekomsten.

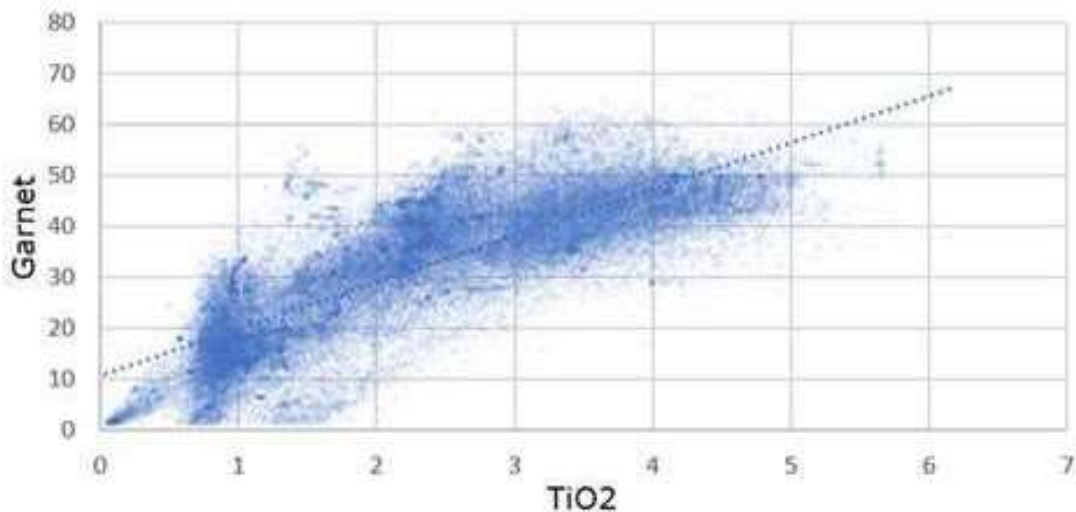
I 2018 vart ressurstematet oppdatert basert på dei nye boringane. Tabell 3 viser definerte ressursar i førekomsten basert på JORC (2012) for Engebøførekomsten basert på en cut-off på 2% (Wheeler, 2018). Eit stort datagrunnlag danner grunnlag for ressurstemata og omfattar om lag 23.000 meter med boringar og fleire titals tusen analyser. Ressursberekninga frå i 2016 som vart oppdatert i 2018 vart det første kvalifiserte ressurstematet av granat i førekomsten. Nordic Rutile har gjennomført omfattande analysar av granatkvalitet og mengde i førekomsten. Medan rutil-innhaldet (TiO_2) kan målast kjemisk, må granaten kvantifiserast mineralogisk som følgje av kompleks samansetting av fleire element. Granat er eit komplekst silikatmineral bestående hovudsakeleg av kationa silisium, jern, aluminium, magnesium og kalsium i varierende mengde. Nordic Rutile har, basert på mineralogiske analysar, utvikla ein regresjonsanalyse for berekning av granat basert på kjemiske data som danner grunnlag for ressurstematet.

Tabell 3 - Oppdaterte ressursestimat for Engebøførekomsten

Kategori	Tonn (Mt)	TiO ₂ -innhold	Granat-innhold
Målte (measured)	29,2	3,60	44,5
Indikerte (indicated)	104	3,48	43,9
Totalt	133,2	3,51	44,0
Utleia (Inferred)	254,1	3,15	41,3

Det har blitt gjennomført omfattende testarbeid med omsyn på prosessering av rutil- og granatprodukt. Innhold av utvinnbare produktet frå malmen dannar, saman med ei vurdering av inntekter og kostnader for uttak, grunnlag for å berekne ein såkalla cut-off for førekomsten. Den angir ei nedre grense for innhald av verdimineral som er naudsynt for at malm kan definerast som økonomisk lønnsam. Vurdering av cut-off påverkar slik kva som reknast som ein malm og kva som reknast som gråberg. Cut-off for økonomisk malm i Engebøførekomsten er satt til en nedre grense på 2% TiO₂.

Rutil og granat ligger tett forbunda i førekomsten ved at dei opptre saman i eklogitt-malmen, og berre kan skilast fra kvarandre ved knusing og separasjonsprosessar. Eit konkurransefortrinn for førekomsten på Engebø er at innhaldet av verdiminerala korrelerer positivt. Det vil si at når innhaldet av rutil aukar i malmen så gjer granat og det. Dette er ein stor fordel for effektiv og økonomisk produksjon.


Figur 9 – Korrelasjon mellom granat og rutil i førekomsten

Som følgje av JORC-klassifiseringa med strenge krav til geologisk kunnskap, blei mengda malm tilgjengeleg for utvinning, betydeleg redusert samanlikna med tidlegare estimat. I UDFS er det berre den JORC klassifiserte ressursen som kan danna grunnlag for drifta i Engebøfjellet. I UDFS dannar ressursgrunnlaget på 133 millionar tonn grunnlaget for ein planlagt drift på ca. 39 år. Dette vart anset som tilstrekkeleg for å imøtegå krav til økonomi og levetid frå investorar. Det totale ressurspotensialet er betrakteleg større dersom utleia ressursar inkluderast. I forbindelse med søknad om

reguleringsplan og utslippsløyve ble det totale ressursgrunnlaget (inkludert utleia ressursar) som kan gi lønnsam drift på Engebø estimert til 250 millionar tonn.

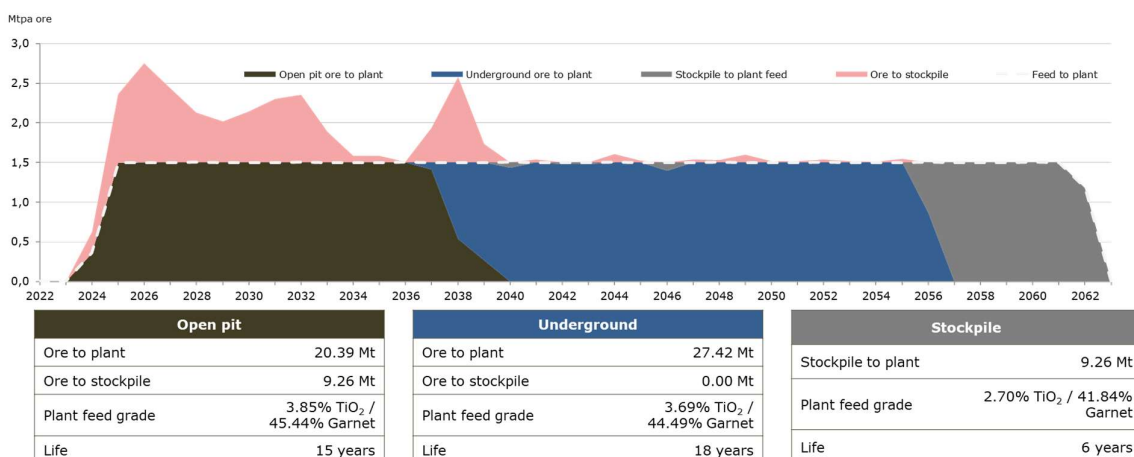
3.3 Val av uttaksform

Malmen i Engebøfjellet kan takast ut både i dagbrot og underjordsdrift. Medan det ved full dagbrottsdrift av hele malmen, er mogleg å ta ut det meste av førekomsten, er det ved underjordsdrift berre mogleg å ta ut deler. Mykje av malmen må bli ståande att ved underjordsdrift. Malm som ligg i overflaten og i form av pilarar (fjellstøtter) kan ikkje tas ut slik at gruva og fjellet haldast intakt, utan risiko for kollaps.

Dagbrottsdrift er generelt ein rimelegare driftsmetode enn underjordsdrift. Underjordsdrift er ein meir teknisk utfordrande og arbeidskrevjande driftsmetode forbundet med høgare kostnader. Standard i gruveindustrien er at underjordsdrift er 5-20 gangar dyrare enn dagbrottsdrift. Kostnaden vil være avhengig av førekomsten si form, bergmekaniske forhold, spenningar i fjellet og val av driftsmetode.

Då Nordic Mining overtok rettighetene for Engebøprosjektet i 2006 var uttaksscenarioet for førekomsten full dagbrottsdrift. Som del av arbeid med planprogram i 2007 vart det klart at full dagbrottsdrift vill ha ein negativ påverknad på omgjevnadane. I samarbeid med Asplan Viak og Naustdal Kommune vart det beslutta å etablere eit avgrensa høgtliggjande dagbrot som eit kompromiss for å minimere den visuelle påverkinga, samtidig som rik malm i toppen av førekomsten kunne takast ut. Ved ei avgrensa dagbrottsdrift vil omgjevnadane i stor grad skjermast for innsyn, støv og støy frå dagbrottsdrifta. Det vart sett ei nedre grense for dagbrottskanten på om lag 250 meters høgde. Etterfølgande drift var planlagt under jord.

Figur 10 viser planlagd uttakstakt frå produksjonen på Engebø. Dagbrottsdrift er planlagt dei første 15 åra før den fasast over i 18 års underjordsdrift, og til sist uttak frå malmlager i gråbergsdeponi-området. For å skape mest moglege robust økonomi og best mogleg ressursutnytting, vil lågverdig malm med under 3% rutil mellomagrast i Engjabødalen. Denne malmen vil utnyttast etter behov under normal drift, og hovudsakeleg etter at underjordsdrifta er avslutta.

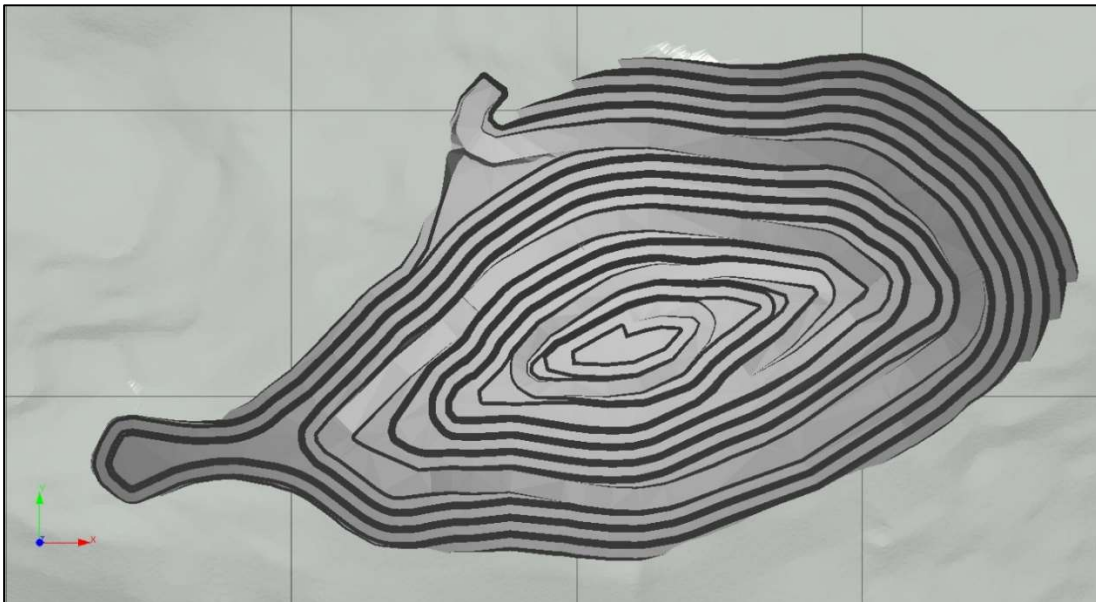


Figur 10 - Planlagd uttakstakt frå Engebøprosjektet over gruva si levetid (LOM).

Den valde uttaksforma for Engebøressursen er utvikla i samarbeid med gruvespesialistar frå ei rekke internasjonale gruvekonsulentselskap. Arbeidet har blant anna innfatta følgande:

- Driftsform på Scoping nivå (Wheeler og Dowell, 2009)
- Geotekniske vurderingar for dagbrotsdrift (Wardell Armstrong, 2016)
- Geotekniske vurderingar for underjordsdrift (SINTEF, 2017)
- Modellering av dagbrot- og underjordsdrift av Hatch (Pre-Feasibility Study, 2019 og Definitive Feasibility Study, 2020)
- Geotekniske vurderingar av dagbrot og underjordsdrift (SRK, 2020)
- Geotekniske vurderingar for dagbrot og underjordsdrift (Axe Valley Mining, 2020)
- Modellering av dagbrot og underjordsdrift samt tilbakefylling av Axe Valley Consulting (2021)
- Vurderingar for ren underjordsdrift og tilbakefylling av Hatch og Axe Valley Mining (2023)

Dagbrotsdrifta på Engebø skal gjennomførast i form av småskala dagbrotsdrift for selektivt uttak av malm basert på 7m benkar og 10m pallar. Det kompetente fjellet gjer at dagbrotet kan driftast med bratte vinklar (53-56 graders heilning). Ein positiv effekt av dette er at dagbrotet i stor grad kan fokuserast til malmkroppen med eit lågt uttak av gråberg. Mengda gråberg som produserast på Engebø er totalt 18,9 millionar tonn i dagbrot med et malm:gråbergsforhold på 1:0.35. Dette er lågt samanlikna med standard i bransjen. Figur 11 viser utstrekning av det endelege dagbrotet.

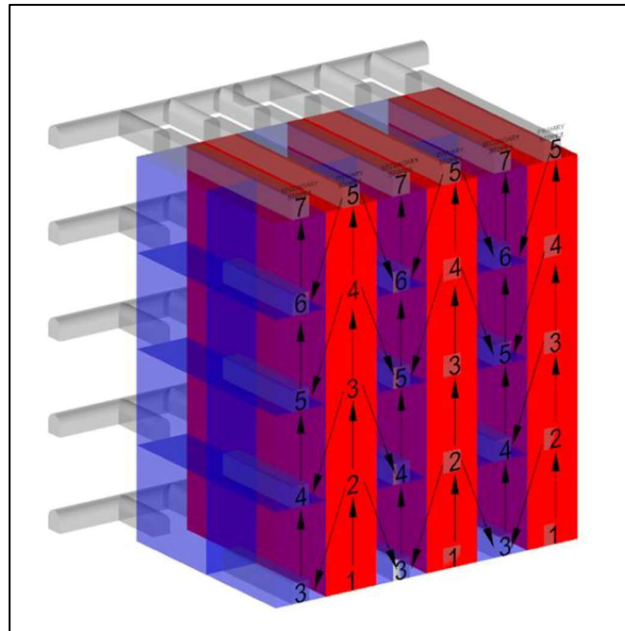


Figur 11 - Oversiktsbilete over den endelege utstrekninga til dagbrotet

Ved å gjennomføre geotekniske vurderingar, optimaliseringar av dagbrotsdesign og tilpassingar av gruvestyr kan dagbrotet drivast effektivt. I utviklinga av prosjektet har dette gitt eit redusert volum av gråberg frå 12 millionar kubikkmeter til om lag 8 millionar kubikkmeter over gruva si levetid.

Vald driftsmetode for uttak under jord i Engebøfjellet er 'Long Hole Open Stopping', er vist i Figur 12 (Hatch 2023). Denne metoden er kostnadseffektiv og malmen drivast ut i store rom (40 x 20 x 20 m). Dette er mogleg grunna svært gode bergmekaniske forhold i fjellet. Underjordsdrift i Engebøfjellet kan difor gjennomførast svært kostnadseffektivt til om lag 15,5 USD per tonn, noko som er lågare enn

bransjestandarden. Underjordskostnaden er likevel 6 ganger høgare enn for dagbrotsdrifta.



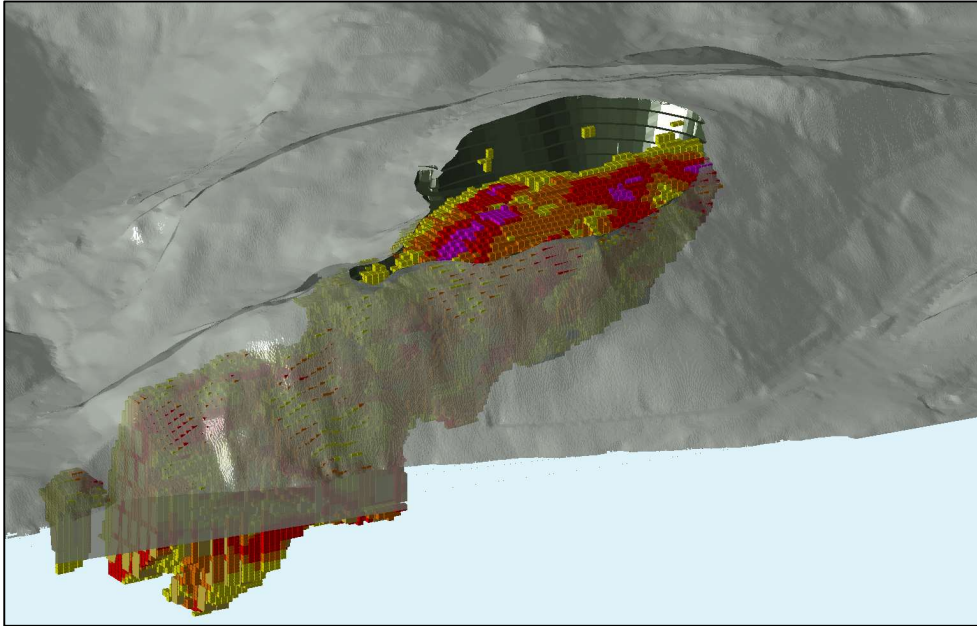
Figur 12 - Illustrasjon av driftsmetode 'Long Hole Open Stopping'

Tabell 4 viser eit samandrag over utteken masse (malm/gråberg) frå dagbrot og underjordsdrift.

Tabell 4 - Oversikt over masseuttak

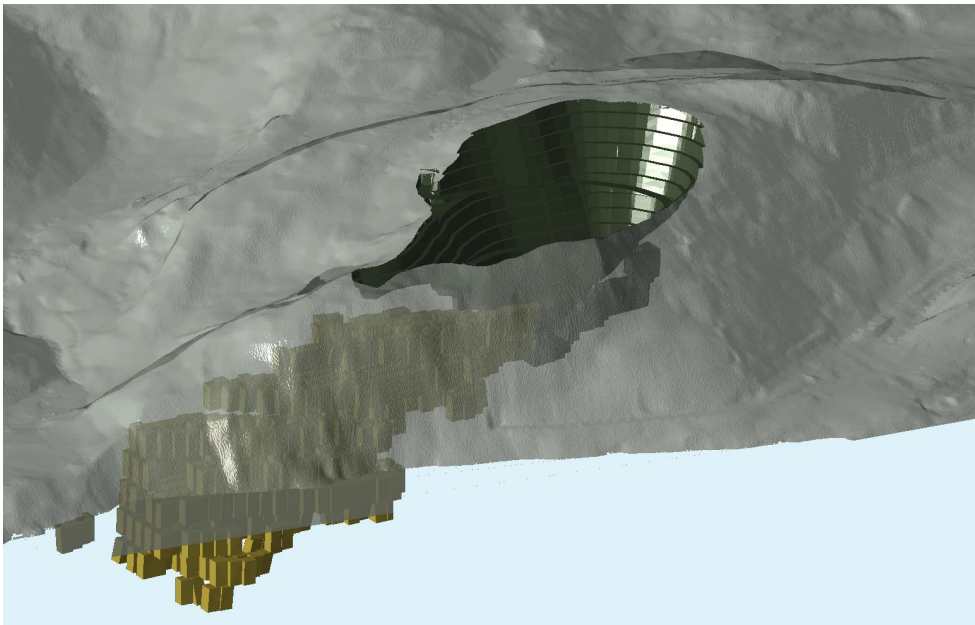
Driftsform	Malm (Mt)	TiO ₂ (wt%)	Gråberg (Mt)
Dagbrot	20,4	3,85	18,9
Under jord	27,4	3,67	0,8
Mallager	9,3	2,70	-
Totalt	57	3,57	19,7

Noko av den rikaste malmen i Engebøfjellet ligg rett i overflata oppe på fjellet. Denne malmen kan berre takast ut ved dagbrotsdrift. Dette er malm med 5-7% TiO₂. Figur 13 viser den JORC klassifiserte malmkroppen av målte og indikerte ressursar og dagbrotet på Engebø. Malmen i toppen i lilla farge har over 5% rutilinnhold. Til samanlikning er innhaldet av rutil i malmen generelt på om lag 3,6%.



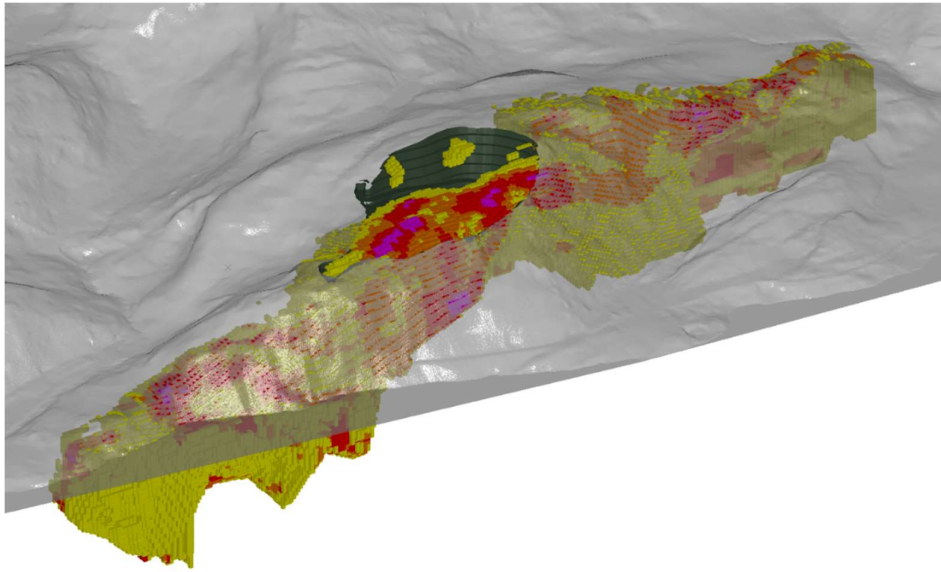
Figur 13 – JORC-klassifisert (Measured og Indicated) ressurs med meir enn 2% TiO₂. Raude blokker har TiO₂ over 4% innhald av TiO₂ og lilla har over 5% TiO₂.

Figur 14 viser det uttekne volumet i Engebøfjellet i dagbrot og under jord. Dagbrotsdrifta gir moglegheit for uttak av rik malm i starten av drift som bidrar til en produksjons og økonomisk robust oppstart av drifta på Engebø.



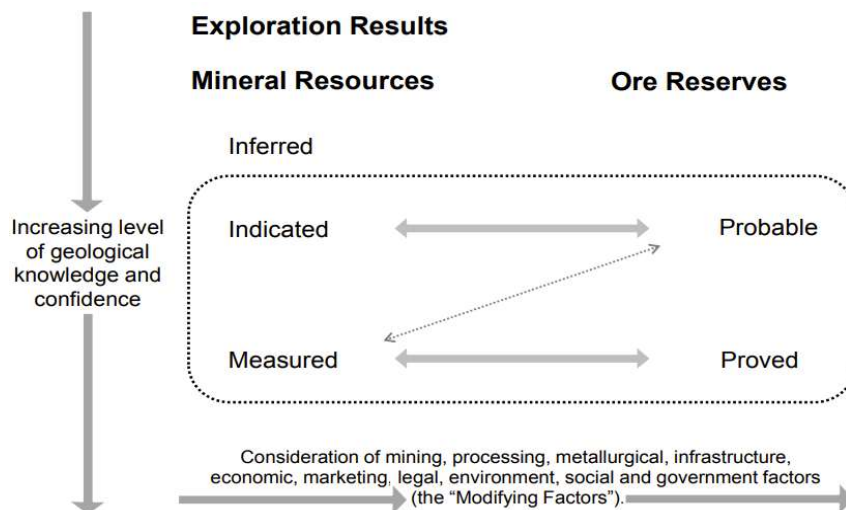
Figur 14 - Viser dagbrot og uttaksrom ved underjordsdrift ved maksimalt uttak inkludert tilbakefylling

Figur 15 viser malmkroppen inkludert utleia ressursar. Dei utleia ressursane kan basert på framtidig boringar gi grunnlag for vidare drift.



Figur 15 – Malmkroppen på Engebø inkludert utleia ressursar

Reservar definerast i henhold til JORC (2012) som delen av den definerte mineral ressursen (measured and indicated) som etter ein vurdering av gruvuttak, infrastruktur, prosessering, regulatorisk-, miljø- og samfunnsfaktorar kan teknisk og økonomisk utvinnast frå ressursen. Reservar kan berre definerast av ein uavhengig 3. part. Reservar deles inn i 'proven' som er beviste reservar og 'probable' som angir sannsynlege reservar. Forhaldet mellom ressursar og reservar er vist i Figur 16.



Figur 16 -Forhald mellom ressursar og reservar (JORC, 2012)

Tabell 5 visar beviste og sannsynlege reservar i Engebøførekomsten slik berekna av Axe Valley Mining (2021). Eit reserveestimat vil vere lågare enn ressursestimatet då malm av ulike årsaker ikkje er mogleg å drive ut, som for eksempel i bergstøtter, i infrastruktur og sikkerheitssoner, eller etter ei meir inngåande teknisk og økonomiske vurdering ikkje kan sjå noko som kan vinnast ut.

Tabell 5 - Tilgjengelege malmreservar i førekomsten i henhald till JORC, resursestimat av Axe Valley Mining (2021)

	Tonn (Mt)	TiO₂-innhald (vekt%)	Granat-innhald (vekt%)
Dagbrot			
Beviste reservar (proven)	19,33	3,56	44,25
Sannsynlege reservar (probable)	10,33	3,29	44,45
Totalt	29,65	3,47	44,32
Underjord			
Beviste reservar (proven)	2,55	3,78	44,92
Sannsynlege reservar (probable)	24,75	3,66	44,42
Totalt	27,30	3,68	44,47

Hovudårsaka til dei relativt store differansane mellom ressurs og reserve estimatet for Engebø, er at val av driftsløysning med eit relativt avgrensa dagbrot, førar til at mykje av malmen må stå att i fjellet. Sidan gruvekostnaden er 6 gonger høgare under jord, påverkar dette også cut-off med omsyn til kva som er økonomisk mogleg malm å vinnast ut. Det krævast høgare innhald av verdimineraler under jord for at drifta skal være lønsam enn ved dagbrotsdrift.

Sjølv om dagbrotsdrift av heile førekomsten ville gitt ein betre ressursutnytting og økonomi for prosjektet, er det Nordic Rutile si vurdering er at eit avgrensa dagbrot etterfølgt av underjordsdrift totalt sett er den mest berekraftige løysninga for prosjektet basert på ein heilskapleg vurdering av økonomi, miljø og samfunn.

Driftsoppsettet vil være gjenstand for kontinuerlege optimaliseringar og forbetringar under drift. Omsyn til miljø og samfunn, auka ressurskunnskap, endra marknadsforutsetningar og økonomiske føresetnadar kan gi grunnlag for endringar. Større endringar i planlagd drift vil rapporterast til myndigheitene i tråd med avgrensingar gitt i utsleppsløyyvet og i driftskonsesjon.

3.4 Vald løysing for prosessering av malm og uttak av verdimineraler

Det har blitt gjennomført omfattande kunnskapsinnhenting med omsyn til prosessering av rutil og granat. Ein prosess for utvinning eit høgverdig rutilprodukt med 95% TiO₂ og eit granatkonsentrat med reinheit på 92% har blitt utvikla i samarbeid med spesialistar for mineralseparasjon. Ei rekke, til dels fullskala, prosessforsøk har blitt utført i Sør-Afrika av Hatch og Light Deep Earth, og i Australia av IHC Robbins og Mineral Technologies. Det er også blitt innhenta kunnskap om marknad for rutil og granat i samarbeid med avtakspartnarar og TZMI (selskap for marknadsanalyse av rutil og granat).

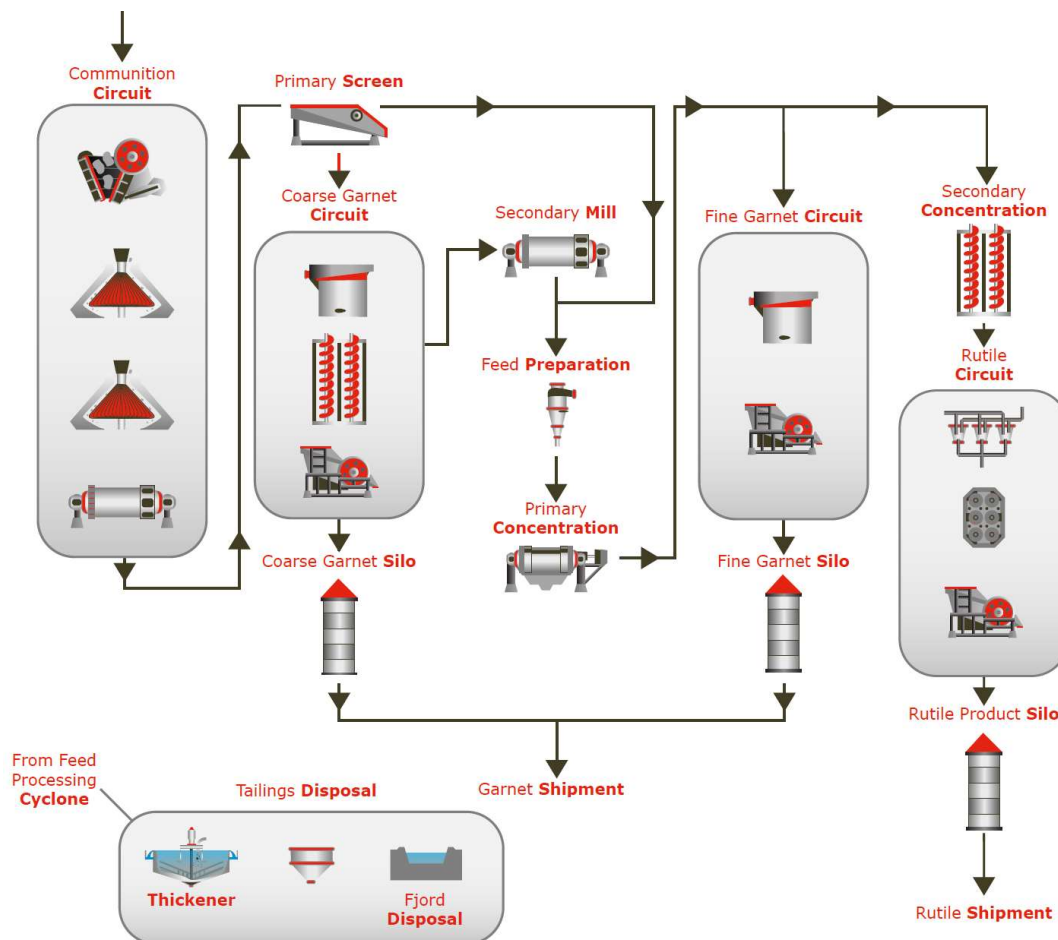
Generelt er utvinning av mineralproduktar avgrensa av:

- *Krav til reinheit for sluttproduktet* – utvinninga går som hovudregel ned jo reinare sluttproduktet må være. Deler av verdimineraler kan også ha uønska forureiningar som gjer dei er ueigna som salbare produkt
- *Mineraler sin kornstørrelsesfordeling* - delar av verdimineraler kan vere så finkorna at det er teknisk utfordrande å utvinne dei sidan fine korn generelt er

vanskelegare å skilje frå kvarandre. Mineralkorna kan og vere for finkorna til å utgjere salbare produkt sidan det stillast krav til kornfordelinga til ferdigprodukt

- *Marknadsmessige avgrensingar* – kva volum som kan plasserast i marknaden kan variere over tid

Eit forenkla flytskjema for prosessering av malm på Engebø er vist i Figur 17. Første prosess steg inneberer nedknusing og nedmaling av malm for å frigjere dei ulike minerala i bergarten. Videre skilast minerala frå kvarandre. Separasjonsprosessen består av to ulike delar -ein grov og ein fin utvinningskrets. I den grove kretsen blir eit grovt granatprodukt produsert. I den fine kretsen produserast eit rutilprodukt og eit fint granatprodukt. Det nyttast ulike fysiske separasjonsmetodar for å oppnå tilstrekkeleg reinheit, inkludert tyngdeseparasjon, magnetisk separasjon, flotasjon og elektrostatisk separasjon.



Figur 17 - Forenkla flytskjema for danning av salbare produkt samt avfall frå mineralprosesseringa i Engebøprosjektet

I utviklinga av prosjektet har det blitt gjort ei rekke forbetringar for å optimalisere og auke utvinninga av verdimineral. Kjemikalieforbruken er redusert med 99% ved å nytte tørrseparasjon framfor flotasjon som hovudtrinn for å produsere eit rutilkonsentrat. Eit mindre flotasjonssteg er nødvendig for å reinse rutilkonsentratet ved å fjerne pyritt (jernsulfat).

Basert på ein årleg produksjon av 1,5 millionar tonn med malm produserast i gjennomsnitt om lag 34 000 tonn med rutilkonsentrat per år og 200 000 tonn med granatkonsentrat. Dette er basert på en gjennomsnittleg utvinningsprosent på ca. 56% for rutil og 30% for granat. Nordic Rutile jobbar kontinuerleg med å optimalisere og forbetre produksjonsprosessen for rutil og granat, og andre produktar frå førekomsten, for å oppnå maksimal utvinning og høg kvalitet.

3.4.1 *Produksjon av rutil*

Rutil er det reinaste og best betalte titanråstoffet i verdsmarknaden. Rutil som produserast på Engebø seljast for vidareforedling ved spesialiserte anlegg kor det framstillast ferdig produkt. Rutil nyttast hovudsakeleg til vidareforedling i eit klorineringsanlegg, til produksjon av titandioksid. Titandioksid nyttast som eit miljøvenleg kvitpigment i maling, plast og papir, men også i solceller, til sjølvreinsande vindauge og til luftreinsing. Rutil frå Engebø er på grunn av eit lågt innhald av radioaktive element og forureiningar, spesielt eigna til produksjon av titanmetall. Titanmetall er eit svært sterkt og lett metall som kan nyttast i passasjerfly, romfart, i offshore-installasjonar, til produksjon av geotermisk energi og avsaltingsanlegg. Metalltet er også veileigna som implantat i menneskekroppen. Om lag halvparten av rutilproduksjonen frå Engebø er berekna å nyttast til produksjon av titanmetall.

Marknaden for rutil setter strengekrav til reinheit og ulike forureiningar i produktet. Innhaldet av TiO_2 må generelt vere over 93% med eit lågt innhald av elementar som CaO, MgO, Fe_2O_3 , P og S. Det er også viktig at produktet har ein viss grovheit kva angår kornstørrelse, generelt over 75 mikrometer. Desse krava settast på bakgrunn av komplekse produksjonsprosessar og krav til sluttprodukt. Nordic Rutile har inngått avtaksavtaler for heile produksjonen av rutil med erfarne aktørar innan rutilmarknaden i Europa og Japan. Det planlagde salet av rutil frå Engebø utgjer om lag 0,4% av den totale marknaden for titanråstoff globalt. Ein eventuelt auka produksjon av rutil frå Engebøførekomsten vurderast som enkelt å plassere i marknaden. Det avgrensa uttaket på 1,5 millionar tonn malm per år, er hovudsakleg knyta til eit begrensa granatmarknad.

Prosessering til ein reinheit på over 93% er avgjerande for å lage eit salbart rutilproduktet frå Engebø. Ved eit innhald under 93% er rutilen ueigna for produksjonsprosessar for titandioksid og metall, blant anna på grunn av for høgt CaO-innhald. Det er titanråstoff med lågare titaninnhald (ilmenitt og leucogene). Disse må gjennom eigne spesialiserte kjemiske- eller smelteprosessar får å oppnå tilnærma reinheit og dannar produkt som titanslag og syntetisk rutil.

Førekomsten inneheld ein del fin rutil (<75 mikron) som per i dag ikkje har ein marknad. Nordic Rutile har gjennom omfattande testar optimalisert prosessen for å bevare rutilen sin kornstørrelse i størst mogleg grad, samt utvinne så mykje som mogleg. Bedrifta undersøker moglegheiter for å utvinne fin rutil til alternative marknader som for eksempel råstoff i keramiske pigmenter, sveiseindustrien eller emalje produksjon. Bedrifta vurderer også, i dialog med aktørar i marknaden, moglegheitene for agglomorering av fin rutil for å gjere kornfordelinga grovare. Bedrifta jobbar med ulike selskap for å teste og utvikle nye løysingar.

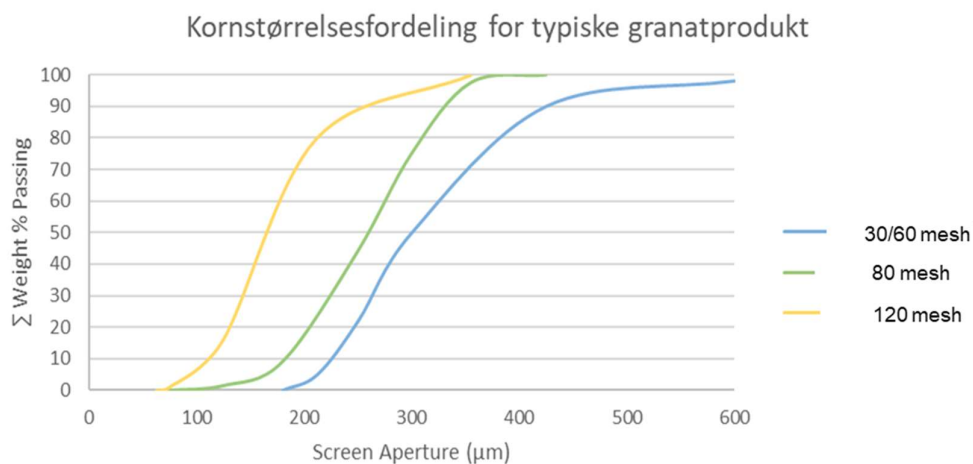
3.4.2 *Produksjon av granat*

Granat er eit miljøvennleg industrimineral som hovudsakeleg nyttast til industrielle skjærepresessar (vassjet-skjæring), sandblåsing og som slিপemiddel. Granat nyttast til

skjering av alt frå plast, keramiske materialar, aluminium og stål. Medan grov granat er eigna til sliping og sandblåsing, er finare granat eigna til vassjetskjering. Granat frå Engebø er eit sluttprodukt som etter pakking er klart til bruk hos sluttbrukar.

Sjølv med eit høgt innhald av granat i Engebøførekomsten er det berre ein avgrensa del av granaten som er eigna til å lage produkt. Det meste av granaten i førekomsten er for finkorna til å imøtekomme kravspesifikasjonar hos kunden. Figur 18 viser typiske kornfordelingar for standard granatproduktar. Den grønne linja viser kornfordeling for eit 80 mesh-produkt som er det mest anvendelege og omsette produktet for vassjetskjering. Den gule linja viser kornfordelinga for eit 120 mesh-produkt som er eit spesialprodukt for presisjonsskjering i vassjetmarknaden med eit lågt marknadsvolum. Granaten frå Engebø er slik at kornfordelinga naturleg er godt eigna til produksjon av både 80 mesh og 120 mesh-produkt. Medan 120 mesh-produktet er relativt likt straumen av fin granat frå prosessen, er den grove granaten relativt likt eit 80 mesh produkt. Sidan mengda grov granat i førekomsten er avgrensa, produserast det meir av den fine granaten enn den grove. For å gi best mogleg utnytting av granaten blandast grov og fin granat til eit ferdigprodukt som er eit noko finkorna 80 mesh produkt. Omfattande produkttestar hos fleire industrielle aktørar viser at granatproduktet frå Engebø har svært gode skjereegenskapar sjølv om produktet er noko finare enn marknadstandarden.

Den blå linja viser ei typisk kornfordeling for eit 30/60 mesh-produkt. Dette produktet brukast til sandblesing og slipemiddel. Granaten i Engebøfjellet er generelt for finkorna til å kunne lage et 30/60 produkt. Noko granat er grovare i førekomsten, men blir på grunn av interne sprekker og inne slutningar i stor grad til eit finare produkt ved nedknusing. Produksjon av eit grovare produkt frå førekomsten vil også gå på bekostning av produksjonen av eit 80 mesh produkt sidan produkta til dels har samanfallande kornfordeling i dei grovare fraksjonane. Totalt sett gir produksjon av eit 80 mesh produkt den beste utnyttinga av granaten i førekomsten.



Figur 18 - Typiske kornfordelingar for standard granatprodukt

Som vist i Figur 18 er det, sjølv for det finaste produktet (120 mesh), lite granat i finare enn 120 mikrometer. Det er generelt begrensa bruk av slik granat i marknaden. Per i dag vurderast difor denne granaten hovudsakeleg som restmasse.

Konservative betingelsar ligg til grunn for inntekter frå sal av produkt i DFS. Ved finansiering må inntekter i stor grad vere knyta til konkrete avtaksavtaler. Nordic Rutile har avtaksavtale for eit 80 mesh granatprodukt med ein stor internasjonal aktør innan granatmarknaden for sal av om lag 200.000 tonn granat per år. Sidan granat frå Engebø vil utgjere ein stor del på ca. 20% av den globale marknaden for granat, må det leggest til grunn ei forsiktig opptrapping av salet. Prosesstestar viser at det kan vere rom for å utvinne ytterlegare 70.000 tonn av eit fint granatprodukt. Sjølv om marknaden for dette produktet er begrensa i dag, anslår bedrifta det som truleg at det kan vokse i framtida. Bedrifta har positive indikasjonar for sal av eit 120 mesh produkt frå førekomsten med eit uvisst volum. I samarbeid med vår strategiske offtake-partner jobbar vi med å finne bruksområde utover dei typiske produkta, og utforska moglegheiter for marknadar for meir finkorna granat. For å utvikle dette krevjast det testar og utviklingsarbeid. Nordic Rutile vil, som ein stor granatprodusent globalt, ha ein langsiktig marknadsstrategi for å plassere mest mogleg granat i marknaden.

3.4.3 Produksjon av pyritt

Pyritt dannast som ein avgangsstraum på om lag 8.000 tonn frå flotasjonsprosessen, og kan potensielt bli til eit salbart produkt. Til tross at det er en relativt liten andel av total avgang, kan sal av pyritt ha ein positiv miljøeffekt fordi mykje av kjemikaliet SIBX er festet til pyrittkorna. Behovet for utslepp av SIBX kan truleg reduserast med ca. 90% ved sal av pyritt. SIBX er nærare omtalt i Kapittel 9.1.2. Prosesanleggets design gir moglegheit for framstilling av pyritt som eit separat produkt, og vil krev lite ekstra infrastruktur. Nordic Rutile har inngått en intensjonsavtale for sal av pyritt og vil jobbe aktivt for å utvikle denne restmassen til eit produkt.

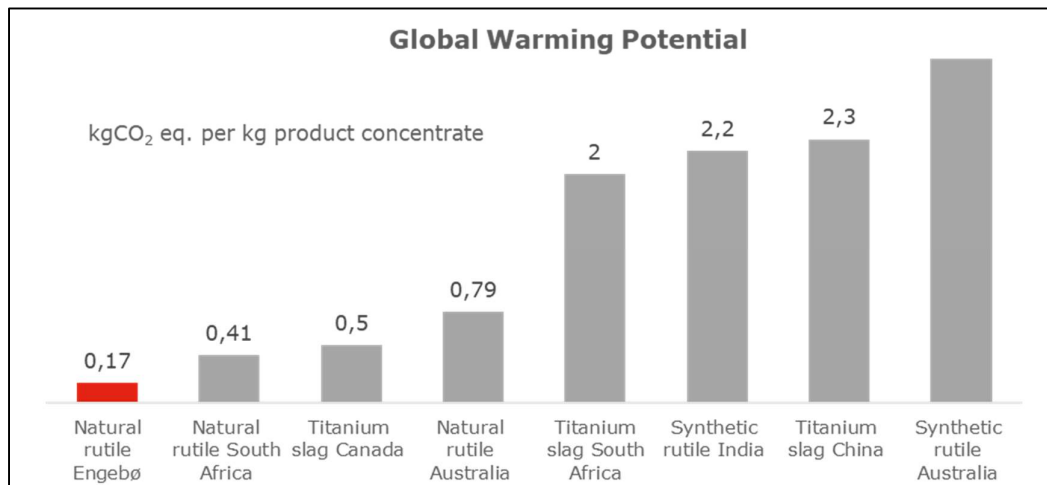
3.5 Energiforbruk og klimaavtrykk

Nordic Rutile har gjennomført 2 uavhengige studiar av klimagassutslepp frå anlegget. Det totale energiforbruket for drifta er berekna til 0.08TWh per år og berekna CO₂-utslepp er 3085 tonn CO₂e per år (SRK, 2020)¹. Medan energiforbruket hovudsakeleg er knytt til prosessanlegget er klimagassavtrykket primært frå dieselforbruk i gruva. Ein benchmarking studie gjennomfør av SRK (2022) viste at Engebøprosjektet har det lågaste klimaavtrykket globalt, samanlikna med andre produsentar i titanverdikjeda.

Nordic Rutile har jobba systematisk for å redusere energiforbruk og klimagassavtrykket frå drifta. Arbeidet har blant annet fokusert på å legge til rette for en effektiv infrastruktur, slik vist i kapitel 3.1 samt energisparande tiltak i detaljplanlegging av prosessanlegget. Den største klimagevinsten har prosjektet oppnådd ved å bytte frå tørking med gass til tørking med elektrisitet. Dette ga reduserte utslepp av klimagassar med 85%.

Minviro, UK (2022) har gjennomført ein livssyklus-analyse for rutilproduktet frå Engebø (Figur 19). Studien viser at rutil frå Engebø har det lågaste potensialet for global oppvarming samanlikna med alternative produkt i marknaden som andre kjelder til naturlig rutil, syntetisk rutil og titanslag.

¹ Studien omfatter scope 1 og 2 utslipp. Scope 1 som direkte utslipp fra utstyr som din virksomhet eier eller kontrollerer. Scope 2 som indirekte utslipp fra innkjøpt energi. Scope 3 er utslipp som indirekte kan knyttes til organisasjonens aktiviteter gjennom innkjøp av varer og tjenester



Figur 19 - Resultat frå livssyklusanalyse for rutilprodukt frå Engebø. Utført av Minviro (2022).

Nordic Rutile har ei målsetning om nullutslepp frå anlegget og jobbar blant anna med løysingar for elektrifisering av gravemaskinane. Bedrifta har igangsett arbeid med å utvikle ein strategi og plan for å oppnå nullutslepp i samarbeid med SRK. Direkte utslepp av klimagassar frå anleggsarbeidet bereknast og vil vidareførast inn i drift og utvidast med beregningar av indirekte utslepp. Bedrifta vil publisere sine strategiar for reduksjon når dette føreligg og rapportere sine utsleppsdata årleg.

3.6 Tilpassa produksjon

I søknad om utsleppsløyve og reguleringsplan i 2009 vart det lagt opp til eit driftsscenario med uttak av 3-4 millionar tonn malm per år i dagbrot, etterfølgd av opptil 6 millionar tonn per år i underjordsdrift. Den årlege tonnasjen vart seinare revurdert i ein rekke Feasibility-Studiar mellom 2017 og 2021. Det vart konkludert med at ein produksjonstakt på 1,5 millionar tonn malm per år ville gi eit meir robust uttaksscenario. Dette vart basert på oppdatert kunnskap om marknad, ressursestimat, produktkvalitetar og uttaksform. Følgjande vurderingar blei gjort:

- Ein uttakstonnasje på 1,5 millionar tonn var betre tilpassa mengda granat som bedrifta vurderte som mogleg å plassere i marknaden på dåverande tidspunkt
- Redusert uttak ga betre utnytting av granatressursen.
- Ein nedskalert drift vart vurdert som enklare å finansiere, som følgjer av reduserte investeringskostnader.
- Redusert årleg uttak ga eit meir handterleg volum i eit begrensa dagbrot.

Sjølv om uttakstakta for malm er redusert til 1,5 millionar tonn blir den totale mengda malm over tid den same gjennom auka levetid. Nedskaleringa av produksjonen vart kommunisert til miljøstyresmakta i brev (September 2020).

Ved eit uttak på 1,5 millionar tonn har bedrifta grunnlag for om lag 39 års drift basert målte og indikerte ressursar og valde driftsløysing (Kap. 3.3). Ved endra driftsform, som ved underjordsdrift med tilbakefylling (Kap. 3.7), kan total mengde utvinnbar malm bli større. Det same gjelder ved forlenga driftstid og uttak av utleia ressursar på anslagsvis 250 millionar tonn totalt. Konsekvensutreiingane og løyva for prosjektet er basert på ein total malmproduksjon på 250 millionar og uttak av 4 millionar tonn per år. Kva som blir faktisk mengda malm og avgang til deponi over tid påverkast av fleire

forhold. Ved tilbakefylling (Kap. 3.7) kan total mengde som deponerast bli lågare. Deponibehovet kan og bli mindre som følgje av utarbeiding av alternative bruksområde av massane over tid (Kap. 4).

Bedrifta vil jobbe aktivt med løysningar for alternativ bruk av avgang. Det er likevel avgjerande at bedrifta har ein trygg og langsiktig løysning for deponering av alt av restmassar frå produksjonen, som ikkje avgrensar moglegheitene for uttak av førekomsten basert på auka kunnskap i drift. Nordic Rutile meiner at løyve slik dei er gitt i reguleringsbestemmelser, driftskonsesjon og utsleppsløyve, gir ein robust ramme for drifta med akseptable miljø- og samfunnspåverking. Endra forutsetningar for ressurs, gruvedrift og kostnader, kan gi grunnlag for oppskalering av produksjon. Spesielt er mengda granat som kan plasserast i marknaden viktig. Mens marknaden kan ta nærmast uavgrensa mengd rutil, så er granat marknaden avgrensa Kap. 3.4). For granat må marknaden byggast opp forsiktig over tid. Marknaden for granat er i vekst, og auka sal er difor en moglegheit i framtida. Dette kan gi grunnlag for ein oppskalering av produksjonen, som vil gi auka uttak av både rutil og granat og eventuelle andre produkt.

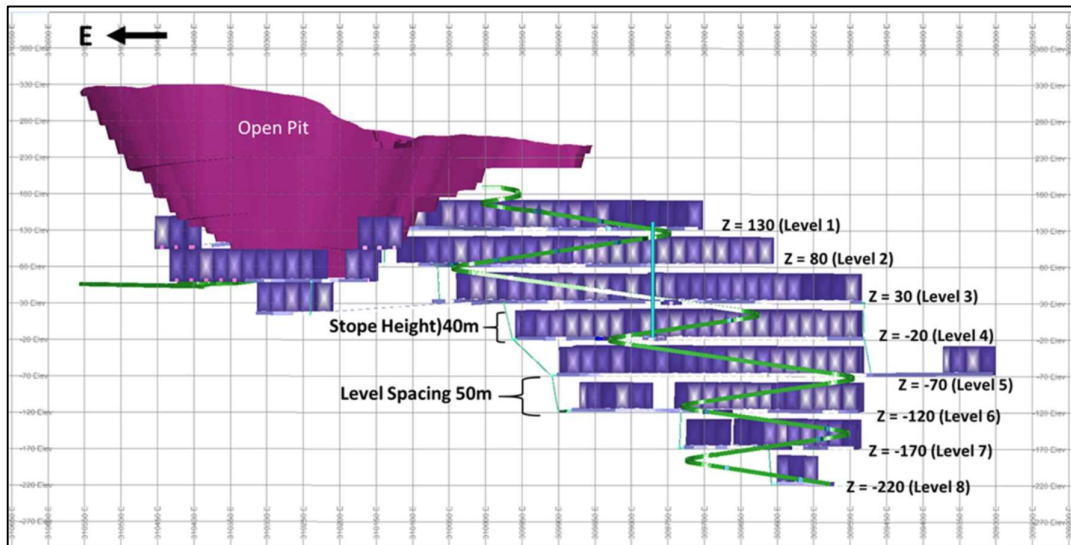
3.7 Vurdering av moglegheitene for tilbakefylling

Ved modellering av gruvedrifta gjennomførte gruvekonsulenten Axe Valley Mining ei vurdering av tilbakefylling i den planlagde underjordsdelen (UDFS, 2021). Det vart gjort ein komparativ studie av underjordsdrift med og utan tilbakefylling. Tabell 6 viser resultatata frå studien.

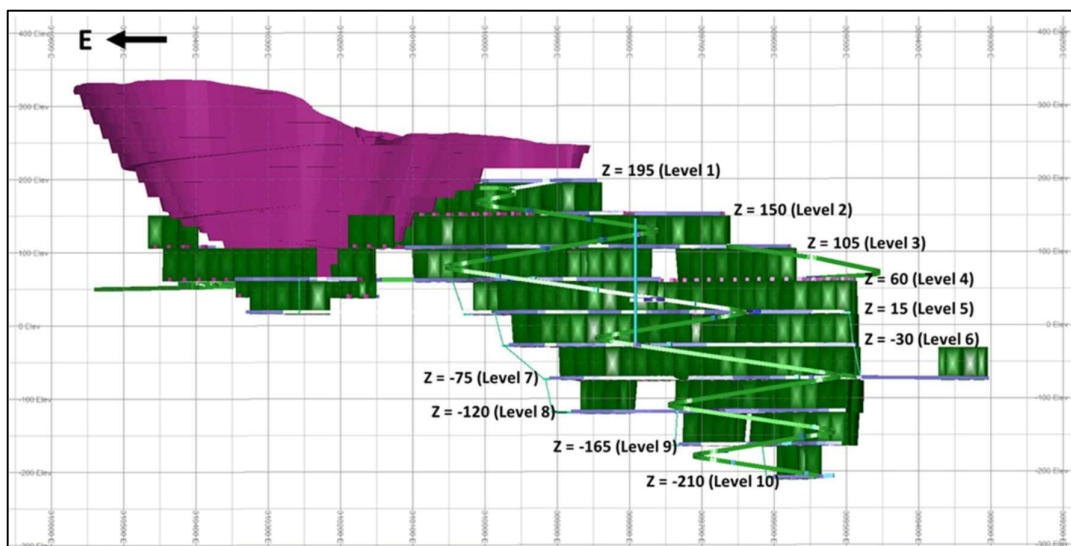
Tabell 6 - LHOS Backfill Trade-off (Axe Valley Mining, 2021)

Beskriving	Eining	Underjordsdrift med tilbakefylling	Underjordsdrift utan tilbakefylling
Malmuttak	Mt	33,25	27,42
Levetid for gruva	År	24	19
Rutil-gehalt	(vekt%)	3,83 %	3,68%

Samanlikninga viser fordelar med tilbakefylling ved at malmuttaket aukast frå 27 million tonn til 33 million tonn. Den auka ressursutnyttinga er hovudsakeleg knytt til at tilbakefylling i gruverom gjer det mogleg å ta ut bere-elementa (bergstøttar/pilarar) i førekomsten. Studien viste også at tilbakefylling gir auka kostnader for drifta som bidreg til høgare cut-off for underjordsdrifta og ei meir selektiv drift av høgverdig malm. Dette har ei noko tilbakeverkande effekt på mengda malm som kan drives ut. Figur 20 og Figur 21 viser modellar av underjordsdrifta i samband med både med og utan tilbakefylling.



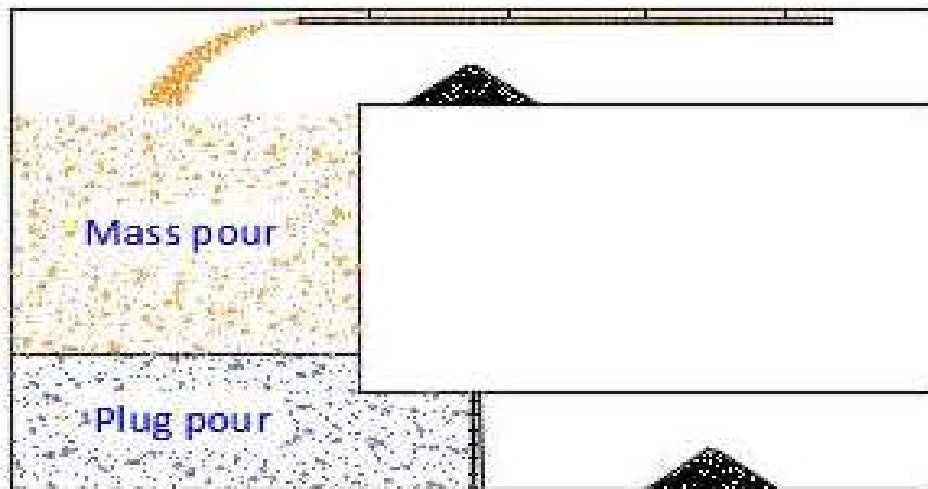
Figur 20 - Underjordsdrift med tilbakefylling



Figur 21 - Underjordsdrift utan tilbakefylling

For å vurdere potensialet for tilbakefylling meir detaljert engasjerte Nordic Rutile i 2023 Hatch og Axe Valley Mining for å gjere ein studie av blant anna kor stor del av avgangsmassane som potensielt kan tilbakefyllast.

For å mogleggjere effektiv tilbakefylling samtidig med drift under jord er det naudsynt å lage ein 'paste' som kan pumpast ned i gruva og danne strukturell betong med ei viss berevne. Slik er det mogleg å auke ressursutnyttinga ved å ta ut bergstøtter, forhindre at framtidige ressursar 'låsast' og sikre maksimal tilbakefylling. Figur 22 viser prinsippet for tilbakefylling i eit gruverom med paste produsert frå avgangsmassar (Axe Valley Mining, 2023).



Figur 22 – Prinsippet for å tilbakefylle gruverom med paste

For å lage paste av avgangen, må det byggast eit tilbakefyllingsanlegg der vatn fjernast frå avgangen til eit faststoffinnhald på om lag 77% og tilsettast om lag 6% sement. Ei viktig forutsetning for tilbakefylling er at paste-anlegget ligg topografisk over gruveromma som skal fyllast. Dette har samanheng med tekniske utfordringar ved å pumpe tung paste med lågt vassinnhald. Ei eigna plassering av eit paste-anlegg ville difor kunne vere i dagbrotet som ligger topografisk over underjordsgruva. Avgang med høgt vassinnhald må då pumpast opp i dagbrotet, avvatnast og tilsettast sement før den pumpast ned i gruverommet.

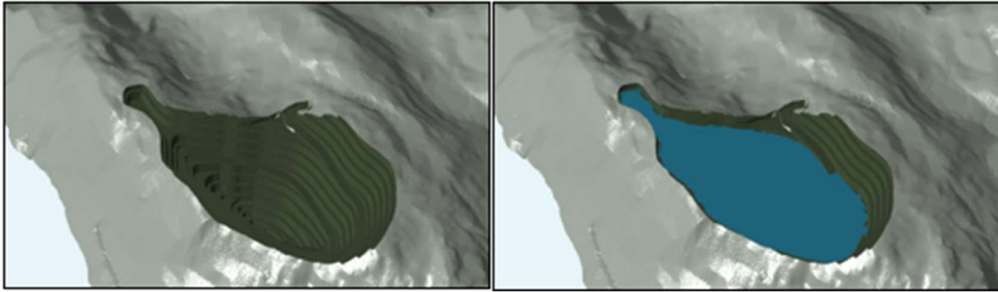
Samansetninga av pasten for tilbakefylling er vist i Tabell 7.

Tabell 7 - Samansetning av paste for tilbakefylling i gruverom

Samansetning av paste for tilbakefylling		
Avgang	72	Vekt%
Sement	6	Vekt%
Vatn	23	Vekt%

Som følge av at malmen ekspandera med nærmare 100% ved uttak, knusing og mølling, er det berre mogleg å tilbakefylle delar. Etter uttak av salbare mineral kan maksimalt kan 47% av avgangen førast tilbake i gruva (Hatch, 2023). Meir enn halvparten av avgangen må difor framleis deponerast.

Som del av studien i 2023 vart det også gjort ei vurdering av moglegheita for å tilbakefylle avgang i dagbrotet etter avslutta drift. Figur 23 viser dagbrotet før og etter tilbakefylling. Vurderinga viste at om lag 13,6 millionar tonn avgang potensielt kan fyllast i dagbrotet.



Figur 23 - Til venstre er dagbrotet etter drift. Til høgre er avgang tilbakefylt i dagbrotet

Tabell 8 viser forutsetningane for berekning av tilbakefylling i dagbrotet. Det vurderast ikkje som praktisk mogleg å tilbakefylle i dagbrotet under drift. Tilbakefylling er difor berre mogleg etter at dagbrotsdrifta er avslutta. Tekniske, tryggleiks-, miljømessige og økonomiske forutsetningar for tilbakefylling i dagbrotet må vurderast nøye før denne metoden eventuelt kan takast i bruk.

Tabell 8 - Oversikt over potensialet for å tilbakefylle avgang tilbake i dagbrotet.

Mogleg tilbakefylling av avgang i dagbrot		
Tilgjengeleg tilbakefyllingsvolum	6 483 818	m ³
Massetettleik avgang (tørr)	2,1	t/m ³
Mogleg tilbakefylling av avgang i dagbrot	13 616 018	tonn

Totalt gir driftsoppsettet på Engebø moglegheit for tilbakefylling om lag 27 millionar tonn avgang (Tabell 9). Basert på estimerte reserver er total mengde avgang omlag 52 millionar tonn. Av dette kan om lag 51% av avgangsmassane tilbakefylles ved ein kombinasjon av tilbakefylling til underjordsgruva og dagbrot.

Tabell 9 – Potensial for tilbakefylling av avgang i dagbrot og under jord

Driftsform	Malm (Mt)	Avgang (Mt)	Potensial for Tilbakefylling (Mt)	%Avgang tilbakefylt
Dagbrot	29,7	25,3	13,6	54%
Under jord	33,2	28,2	13,1	46%
Totalt	62,9	52,7	26,7	51%

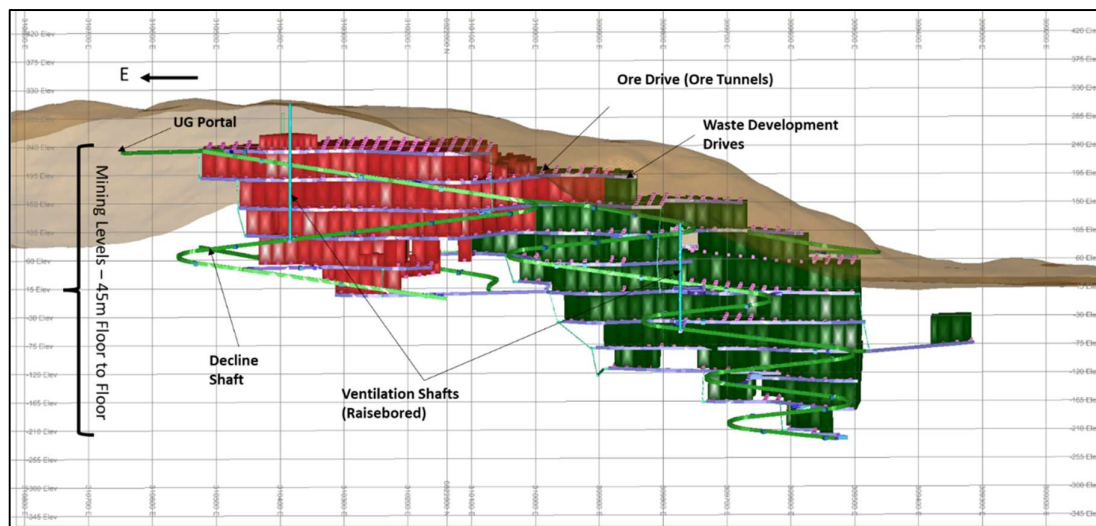
Både utsleppsløyvet og driftskonsesjon stiller krav til at bedrifta skal utgreie moglegheita for tilbakefylling. Nordic Rutile vil i god tid før overgang til underjordsdrift utgreie moglegheita i detalj for å tilbakefylle masser i underjordsgruve og dagbrot.

3.8 Vurdering av rein underjordsdrift og tilbakefylling

Det vart tidleg i prosjektet klart at ei rein underjordsdrift, utan dagbrot, for førekomsten på Engebø ville bety for dårleg prosjektøkonomi for å få prosjektet realisert, i tillegg til ei dårlegare ressursutnytting, spesielt av rik malm i overflaten av førekomsten.

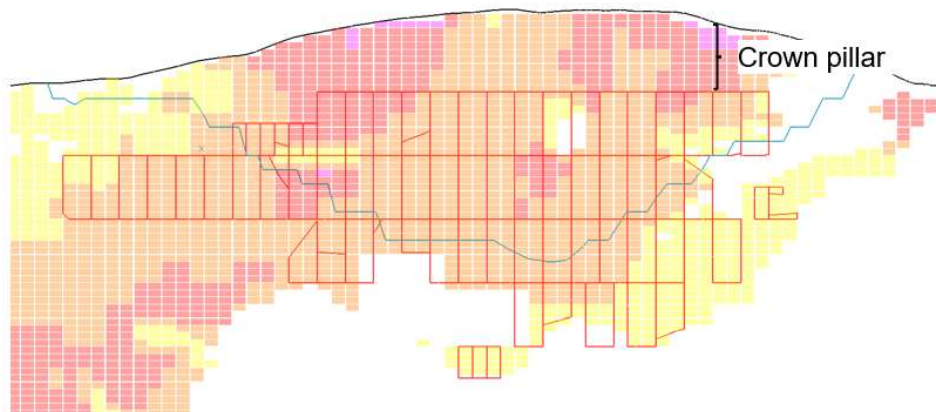
I høyringsinnspel til avfallshandteringsplanen har det blitt stilt spørsmål ved om underjordsdrift utan dagbrotsdrift mogleggjer ein større andel tilbakefylling av avgangsmassar, og bortfall av behov for deponiløysning. For å ytterlegare verifisere tidlegare konklusjonar, har Nordic Rutile vald å gjennomføre ein uavhengig studie for rein underjordsdrift med maksimal tilbakefylling av avgangsmassar. Studien vart gjennomført av Axe Valley Mining og Hatch (Hatch, 2023). Målsetninga er, basert på dagens vurderingar av kost, tilgjengeleg teknologi og marknadssituasjon, å vurdere tekniske, økonomiske og miljømessige aspekt av ei slik løysning.

Axe Valley Mining har gjort ei modellering av rein underjordsdrift med maksimal tilbakefylling. Figur 24 viser eit driftsscenario for rein underjordsdrift der den raude delen er gruverom som takast ut i området for den planlagde dagbrotsdrifta (Engebø UDFS), medan den grønne delen er malm som takast ut i underjordsdelen (som planlagd i Nordic Rutile sitt driftsscenario). I modelleringa er det berekna tilbakefylling av avgang i gruverom i form av strukturell betong. Dette mogleggjer maksimal tilbakefylling og uttak av bergstøtter for størst mogleg utnytting av malmen under jord. Parameterane for produksjon av 'paste' for tilbakefylling er slik beskrive i Kapittel 3.7.



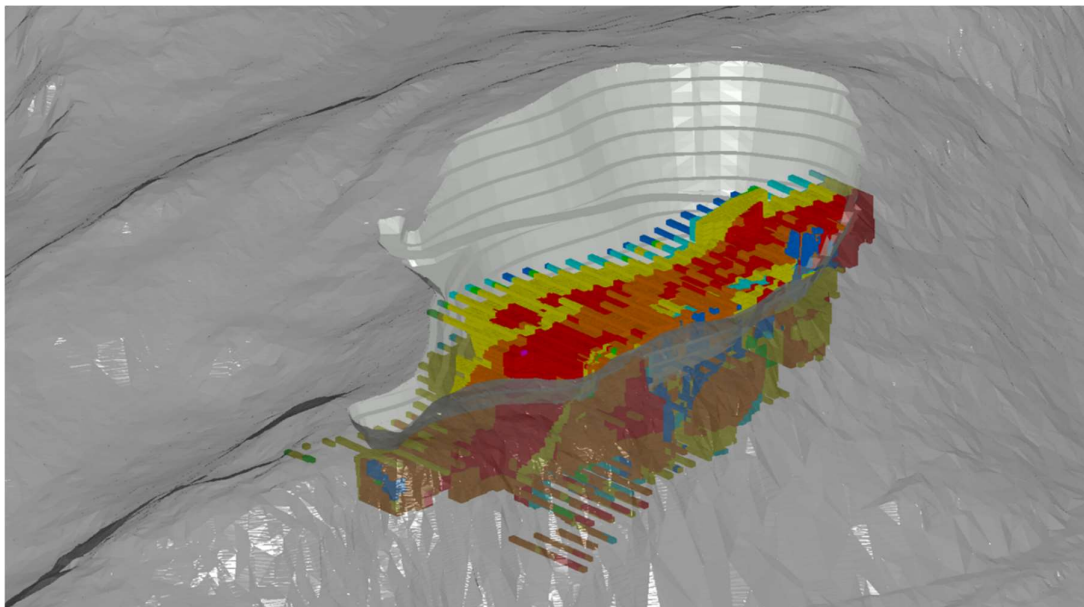
Figur 24 - Scenario med rein underjordsdrift for Engebø

Slik Engebøressursen er danna ligger det spesielt rik malm heilt i overflata på toppen av førekomsten. Denne malmen er bere tilgjengeleg via dagbrotsdrift. Ved rein underjordsdrift må ei sone på 50 meter (såkalla 'crown pillar') stå att i overflata som sikring slik illustrert i Figur 25. Tilgang på rik malm i overflata av førekomsten er ein stor fordel ved kombinasjonsdrift.



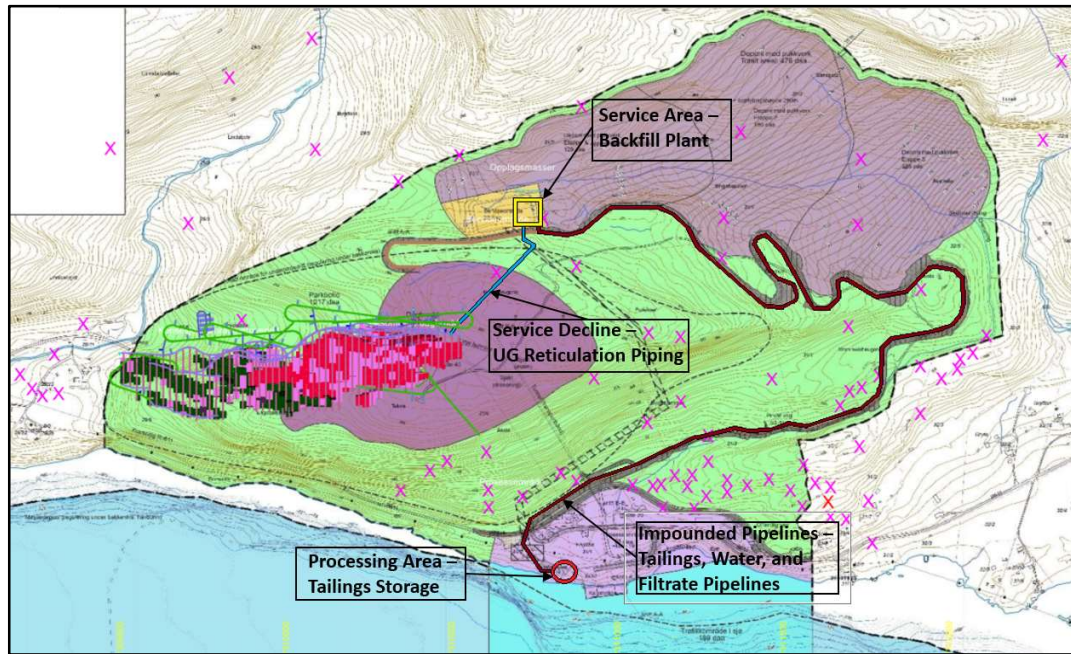
Figur 25 - Snitt av malmkroppen (små gule, oransje, raude og lilla rektangla) og bergrom i rein underjordsdrift (større raude rektangla) og malm som ikkje er tilgjengeleg for underjordsdrift i 'crown pillar'.

Figur 26 viser malm som kan takast ut i dagbrotssområde ved underjordsdrifts. Om lag 5,4 millionar tonn malm må stå att i dagbrotssona.



Figur 26 - Illustrasjon som viser blokker som kan takast ut ved underjordsdrift av malmvolumet som definerast som dagbrotssmalmen.

Åtkomst til underjorddrifta skjer frå toppen av fjellet. Dette for å ha tilgang til området regulert til gråbergsdeponi for lagring av gråberg frå underjordsdrifta. Eit anlegg for produksjon av tilbakefyllings-paste er lagt til serviceområdet for dagbrotssdrifta på toppen av fjellet. Figur 27 viser infrastruktur for tilbakefylling med underjordsgruve, tilbakefyllingsanlegg og pumpesystem.



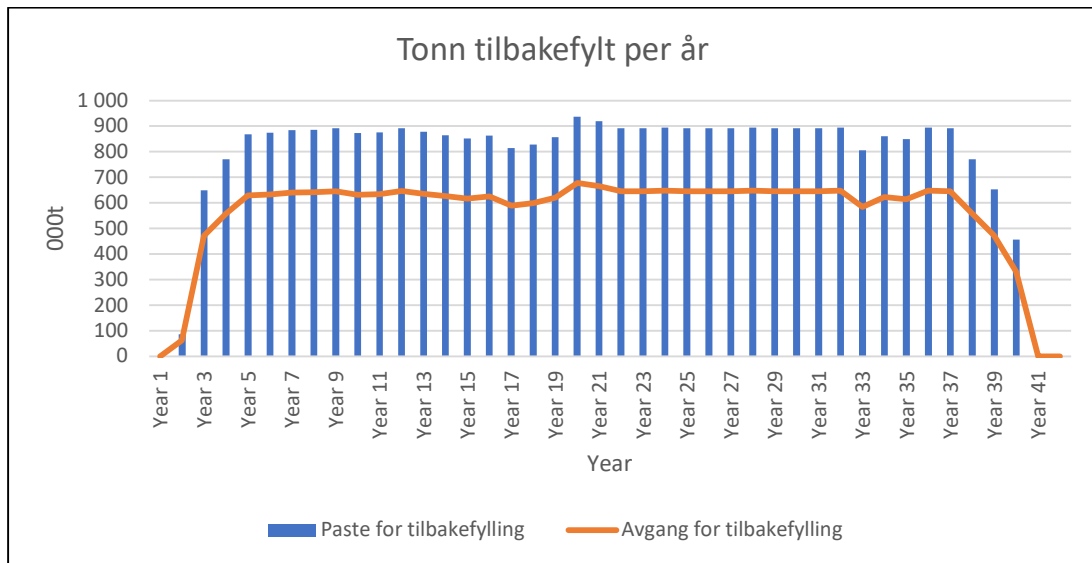
Figur 27- Infrastruktur for tilbakefyllingsanlegg (Hatch, 2023)

Tabell 10 viser resultatene frå modelleringa i form av total malm og gråberg, samt gjennomsnittleg gehalt for rutil og andelen 'paste' for tilbakefylling i gruverom.

Tabell 10 - Oppsummering - rein underjordsdrift med maksimal tilbakefylling

Beskriving	Kvantitet	Einhet
Gråberg	3 141 420	Tonn
Malm	59 355 739	Tonn
TiO₂-innhald	3,62	Vekt%
Tilbakefyllingsvolum	15 719 497	m ³
Andel avgang tilbakefylt	23 438 211	Tonn
Andel avgang til deponi	26 831 597	Tonn
Total avgang	50 269 808	Tonn
Andel tilbakefylt avgang	46,6	Vekt%

Som vist i Tabell 10 kan totalt sett om lag 47% av avgangen tilbakefylt ved rein underjordsdrift. Figur 28 viser mengden avgang som kan fyllast tilbake per år over driftsperioden.



Figur 28 - Avgang og paste som kan tilbakefyllas per år ved ren underjordsdrift (Hatch, 2023)

Tilbakefylling med paste må gjerast samtidig med malmuttaket for å gi tilgang til uttak av bergstøtter. Strukturell betong har begrensa styrke over tid og bergstøttene må difor takast ut parallelt med drifta. Når betongen er herda (ca. 28 dagar) kan pillaren (bergstøtta) drivast ut. Uttaket må koordinerast tett med paste-produksjonen slik at bergrom (stopes) kan fyllast ettersom dei blir tilgjengeleg i underjordsdrifta. Slik skjer tilbakefylling og uttak av bergstøttar sekvensielt ettersom holrom blir tilgjengeleg. Tilbakefylling under jord er teknisk utfordrande og krevjar god styring og oppfølging i drift. Tilbakefylling i dagbrotet er ein langt enklare operasjon då tilbakefylling kan skje uavhengig av produksjonsdrifta under jord og det ikkje er behov for å lage strukturell betong.

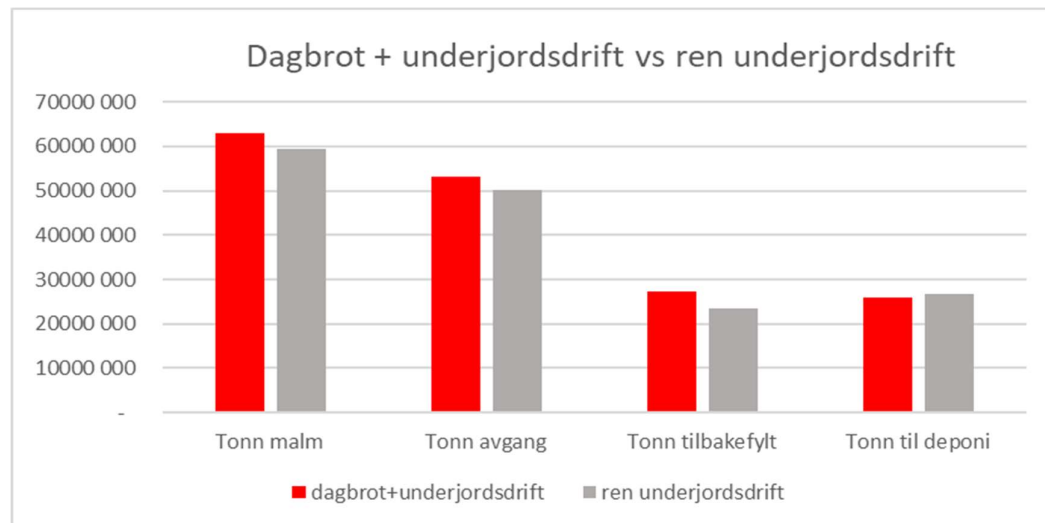
Tabell 11 viser Nordic Rutil's planlagde kombinasjonsdrift (dagbrot etterfølgt av underjordsdrift) samanlikna med rein underjordsdrift. Totalt sett gir kombinasjonsdrift meir malm enn rein underjordsdrift, ca. 3,5 millionar tonn. Kombinasjonsdrift gir også større moglegheit for tilbakefylling av avgang total på 26,7 millionar tonn, samanlikna med 23 millionar tonn ved rein underjordsdrift. Ved kombinasjonsdrift er tilbakefylling per tonn malm produsert høgare. Mengde avgang som må deponerast er difor lågare ved kombinasjonsdrift enn ved rein underjordsdrift tross uttak av meir malm.

Tabell 11 - Potensial for tilbakefylling i dagbrot og under jord samanlikna med rein underjordsdrift

Driftsform	År	Malm (Mt)	Avgang (Mt)	Avgang Tilbakefylt under jord (Mt)	Avgang tilbakefylt i dagbrot (Mt)	Avgang til deponi (Mt)
Dagbrottsdrift	20	29,7	25,1	-	-	25,1
Underjordsdrift med tilbakefylling	22	33,2	28,2	13,1	13,6	1,4
Nordic Rutiles planlagte drift med tilbakefylling i dagbrot + underjord	42	62,9	53,3	13,1	13,6	26,5
Ren underjordsdrift med tilbakefylling	40	59,4	50,3	23,4	-	26,8

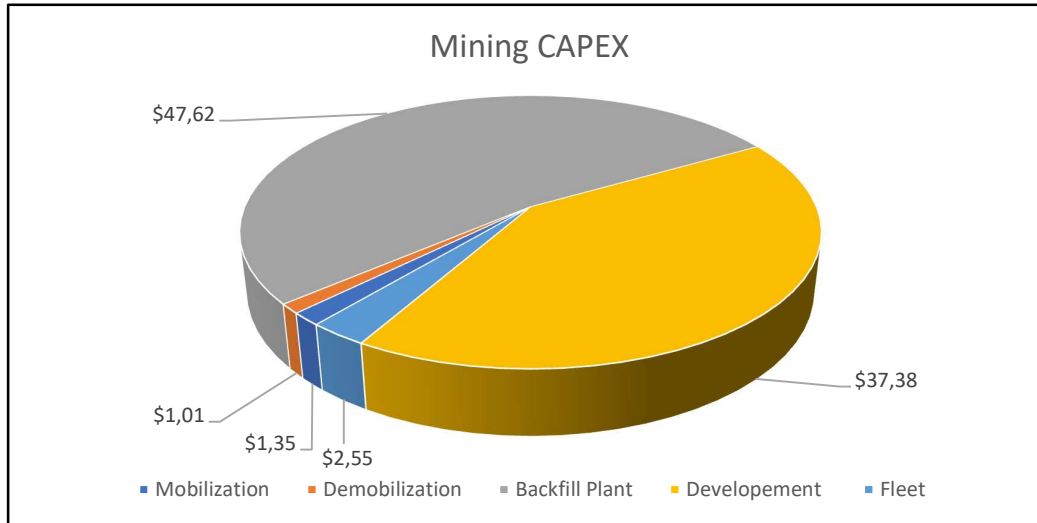
Ved kombinert drift kan nært alt av avgang som produserast frå underjordsdrifta tilbakefyllast ved å tilbakefylle i dagbrotet parallelt med tilbakefylling under jord. Ved full tilbakefylling i underjordsfasa, kan levetida til sjødeponiet potensielt avkortast betrakteleg. Dette er ikkje mogleg ved rein underjordsdrift kor maksimalt 47% kan tilbakefyllast i gruva.

Figur 29 viser tonnasje for kombinert drift samanlikna med rein underjordsdrift.



Figur 29 - Samanlikning av malmfangst, produksjon av avgang, tilbakefyllingspotensiale og totalt deponeringsbehov for drifta med dagbrot + underjordsdrift og rein underjordsdrift

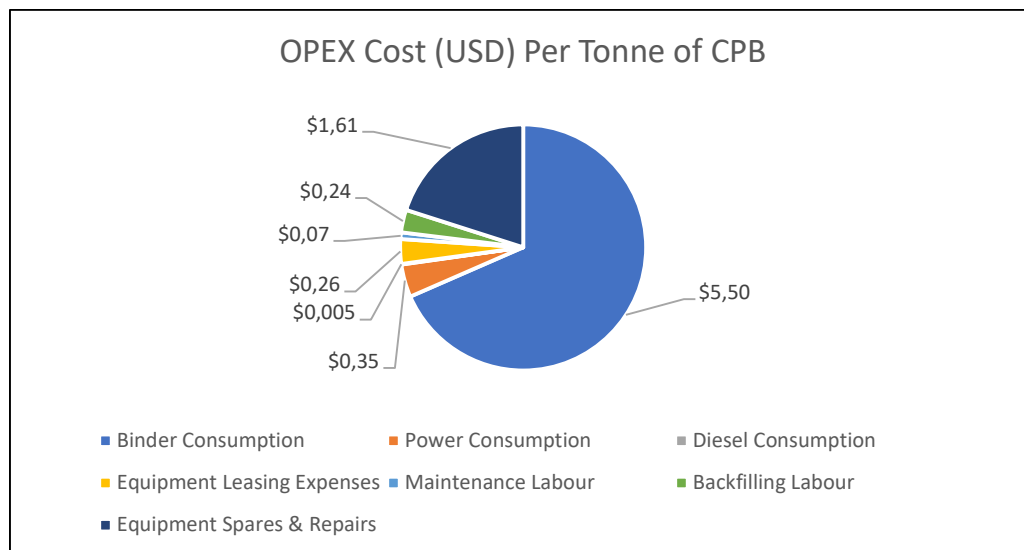
Som del av studien vart det gjort ei vurdering av økonomiske vilkår for rein underjordsdrift. Investeringskostnadar for rein underjordsdrift med tilbakefylling vart berekna av Hatch (2023). Investeringskostnaden for eit anlegg for produksjon av paste er av berekna til om lag 47 millionar USD. Totale investeringskostnader for underjordsdrift er som vist i Figur 30.



Figur 30 – Investeringskost for underjordsgruve med tilbakefylling (Hatch, 2023)

Investering knytt til øvrig drift – prosessanlegg, infrastruktur og utskipingsanlegg tilsvara Nordic Rutiles investeringsberegning for Engebøprosjektet (UDFS, 2021). Kostnadar knytt til dagbrotsdrifta eller kostnader som vart vurdert som overflødige ved rein underjordsdrift drift, vart fjerna.

Driftskostnader for underjordsdrifta og tilbakefylling vart berekna. Axe Valley berekna ein driftskostnad på 15,5 USD per tonn malm for rein underjordsdrift. Hatch berekna ein kostnad på 8 USD per tonn paste produsert for tilbakefylling. Figur 31 viser oppbygginga av tilbakefyllingskostnaden. I følgje Hatch er denne kostanden typisk i forhold til kva som er bransjestandard som ligger mellom 5-12 USD per tonn paste.



Figur 31 – Fordeling av kostnader for tilbakefylling av avgangsmassar for Engebø (Hatch, 2023)

Som vist medføra underjordsdrift betydeleg økte investeringar og driftskostnadar for ein drift på Engebø. I tillegg gir det lågare inntekter dei første åra som følgje av lågare innhald av rutil i malmuttaket under jord. Dette er i ein kritisk fasa av drifta kor lån skal tilbakebetalast. Økonomiberekningar av eit reint underjordsscenario med utgangspunkt i Nordic Rutiles finansmodell frå UDFS viser at ei rein underjordsdrift ikkje gir eit økonomisk berekraftig prosjekt. Prosjektet har ein negativ noverdi før skatt med ein reell diskonteringsrente på 8%, som er typisk industristandard. Forventa avkastningskrav for å finansiere eit utbyggingsprosjekt som Engebøprosjektet er normalt opp mot 20% etter skatt. Nordic Rutile hadde til samanlikning en internrente på om lag 26% etter skatt når fullfinansiering vart sikra, som var marginalt for å klare få dette på plass i ein relativt kravande marknad.

Hatch (2023) har gjort ein vurdering av scope 1, 2 og 3 klimagassutslepp frå paste produksjon og tilbakefylling for ein rein underjordsgruve. Årleg utslepp vart berekna basert på brensel-, konsumerte produkt og energiforbruk. Studia visar at utslepp av klimagassar frå tilbakefylling er ca. 21 178 tonn CO₂e per år, sjå Tabell 12. Scope 3 er største utsleppet, kor sementforbruk står for 99% av utsleppet. Sement-berekninga er basert på EU28 sement produkt med ein utsleppsfaktor på 544 kgCO₂e per tonn sement. Scope 1 utslepp vart vurdert som ubetydelege sidan lite diesel og fossilt brensel konsumerast ved tilbakefylling. Scope 2 utslepp er også lågt. Sjølv om pumping av avgang og paste krevjar en del energi, er det lågt på grunn av at drifta er basert på vasskraft.

Tabell 12 – Berekna utslepp av klimagassar frå tilbakefylling av paste per år

Årleg klimagassutslepp frå tilbakefyllingsanlegg (tonn CO₂e)	
Scope 1	-
Scope 2	132
Scope 3	21 046

Utslepp av klimagassar for tilbakefylling er 7 gonger større enn den planlagde drifta på Engebø på 3058 tCO₂. Tilbakefylling vil difor gi en vesentleg negativ effekt på bedriftas klimaavtrykk. Utsleppet av klimagassar må tas i betraktning i ein heilskapleg vurdering av miljøpåverknaden ved tilbakefylling som alternativ. Ved kombinert drift i dagbrot og under jord vil klimagass utslepp knyta til tilbakefylling i underjordsdelen være om lag den same per år. Tilbakefylling i dagbrot vil ha eit langt mindre klimaavtrykk sidan tilbakefylling kan skje utan sement. Energiforbruk for tilbakefylling berekna til ca. 0,02 Twh som gir auka forbruk på 20% (Hatch 2023).

Nordic Rutile vurderer ikkje rein underjordsdrift med tilbakefylling som ein berekraftig uttaksløysning for Engebøførekomsten av fleire grunnar:

- Rein underjordsdrift er ikkje økonomisk lønsamt
- Rein underjordsdrift er teknisk utfordrande og skapar ein større driftsmessig risiko for prosjektet
- Dagbrotsdrift i kombinasjon med underjordsdrift gir betre ressursutnytting og tilgang på rik malm i tidleg driftsfase
- Potensialet for å tilbakefyllerestmassar i dagbrot og underjordsgruve er høgare enn i eit reint underjords-case

- Dagens løysning gir moglegheit for å avslutte sjødeponiet på eit tidlegare tidspunkt ved tilbakefylling i dagbrotet samtidig som det tilbakefyller under jord (om dette er teknisk, økonomisk og miljømessig berekraftig løysning må utreias nærmare)
- Uavhengig av vald metode for prosjektet kjem det til å være eit behov for sjødeponering av avgangsmassar
- Utslepp av klimagassar frå tilbakefylling under jord er betydeleg og må veies mot andre miljøomsyn

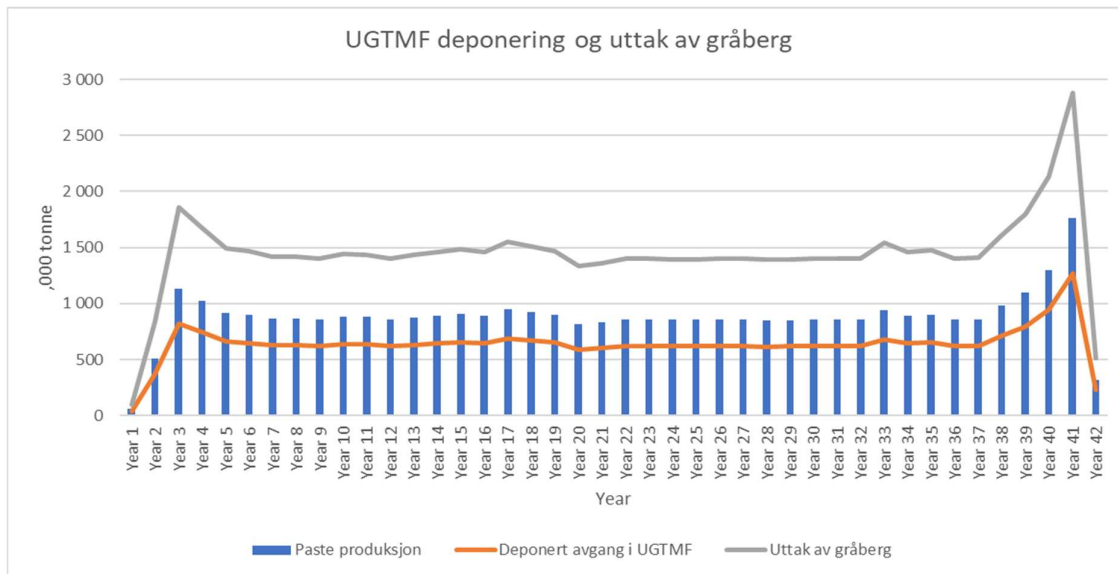
Nordic Rutile kan ikkje sjå at redusert år eller omfang av dagbrotsdrifta vil gje eit meir berekraftig prosjekt. Det vil ikkje gje større moglegheit for tilbakefylling eller mindre behov for deponi, men ein langt dårlegare prosjektøkonomi og auka utslepp av klimagassar.

3.9 Etablering av anlegg for deponi under jord

Sidan det har blitt stilt spørsmål ved moglegheitene for å etablere dedikerte fjellhallar under jord for deponering av avgang produsert frå drifta, har Nordic Rutile bedt Axe Valley Mining og Hatch vurdere dette som del av studien i 2023.

Såkalla Underground Tailings Management Facility (UGTMF) inneberer at fjellhallar (utdrevne i gråberg) tas ut for å gi rom for å deponere avgangsmassar. Målsetjingane er slik å totalt unngå deponi av avgang på land eller i sjø. Denne forma for deponi krevjar at det er tilgjengeleg areal for deponering av store mengder gråberg på land.

Som vist i Kapittel 3.7 vil det ved rein underjordsdrift på Engebø dannast om lag 27 millionar tonn avgang som ikkje kan tilbakefyllast i gruva. For at denne avgangen skal kunne deponerast i fjellhallar, vil det i tillegg til uttaket av malm, måtte drives ut store mengda med gråberg. Sidan malmen ekspanderer med om lag 100% ved uttak, må det vere tilgjengeleg om lag 2 gangar så mykje fjellrom for tilbakefylling. Dette inneberer at det må takst ut om lag like mykje gråberg som malm for å gi plass til avgangen. Hatch (2023) har berekna at om lag 61 millionar tonn med gråberg må drives ut for kunne deponere dei resterande 27 millionar tonn med avgang frå underjordsdrifta. Figur 32 viser årleg uttak av gråberg og deponering av avgang i UGTMF.



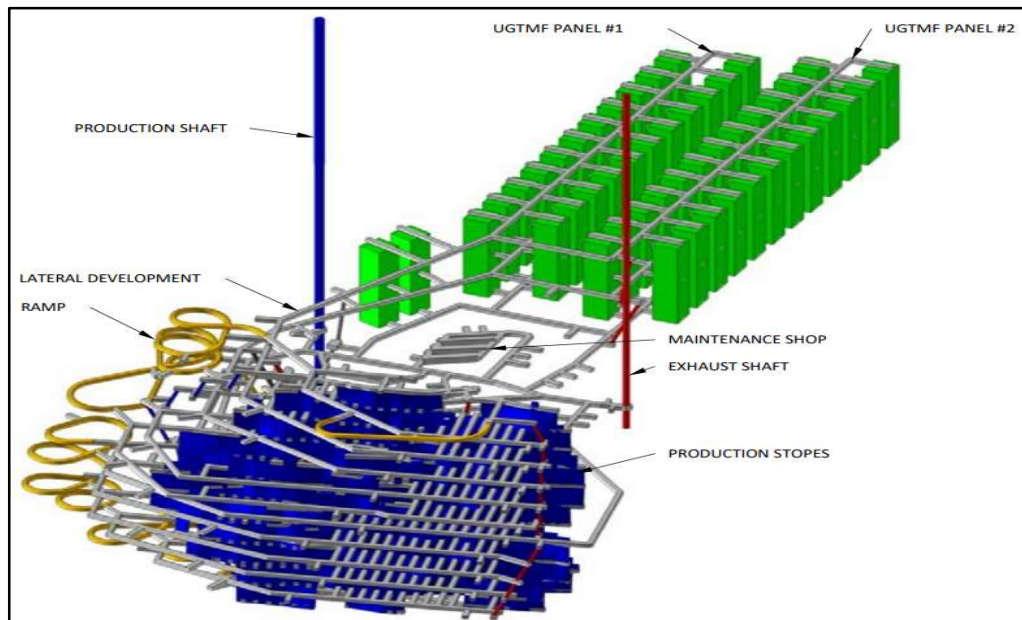
Figur 32 – Andel gråberg, paste og avgang per år for UGTMF (Hatch, 2023)

Før UGTMF kan nyttast, må det vurderast kor i Engebøfjellet det er plass til etablering av eit slikt anlegg. Ein bør unngå uttak av gråberg i områder med eklogitt som på grunn av ein høgare cut-off under jord ikkje ansjåast som malm i dag, men som kan bli det i framtida som følgje av endra forutsetningar. Sidan det meste av fjellet på Engebø er eklogitt som potensielt kan ha ein framtidig verdi (Figur 15), bør dette vurderast nøye og verifiserast med ytterlegare kjerneboringar og framtidige JORC estimat. Ein mogleg konklusjon kan vere at det ikkje er eigna områder i fjellet.

Økonomiberekningar av UGTMF løysinga, visar nært dubla kostnader for gruvedrifta. I tillegg kommer auka investeringar for tilbakefyllingsanlegget. Berekninga viser ein prosjektøkonomi som ikkje på langt nær er økonomisk berekraftig. Løysinga gir ein negativ noverdi før skatt med ein diskonteringsrente på 8%.

Ved UGTMF løysinga må det produserast store mengder gråberg for å gi plass til avgangsmassane. Dette inneberer totalt sett ein fordobling av avfallsmengda. Løysinga vil innebere eit behov for deponi som er betydeleg større enn det som er berekna kapasitet i Engjabødalen. Det uvisst kor eit slik volum skal kunne deponerast. Det er ingen områder som utpeikar seg som spesielt eigna i området rundt gruva.

Sjølv om UGTMF løysingar har blitt foreslått ved andre prosjektfasilitetar, er det per i dag ingen operative gruver kor UGTMF erstattar konvensjonelle deponiløysingar av avgangsmassar frå gruvedrift (Hatch, 2023). UGTMF har blitt vurdert for ein førekomst av uran som ligg i Saskatchewan i Canada i regi av selskapet NexGen Rook. Bakgrunnen for den skisserte løysingen er at avgangen innhald radioaktive stoffar som ikkje kan deponerast i landdeponi i overflaten. Figur 33 viser planlagt UGTMF for NextGen Rook. Løysingen inneberer betydelege investeringar og driftskostnader, og er ikkje i drift (Hatch, 2023).



Figur 33 - UGTMF slik planlagt ved NextGen Rook (Hatch 2023)

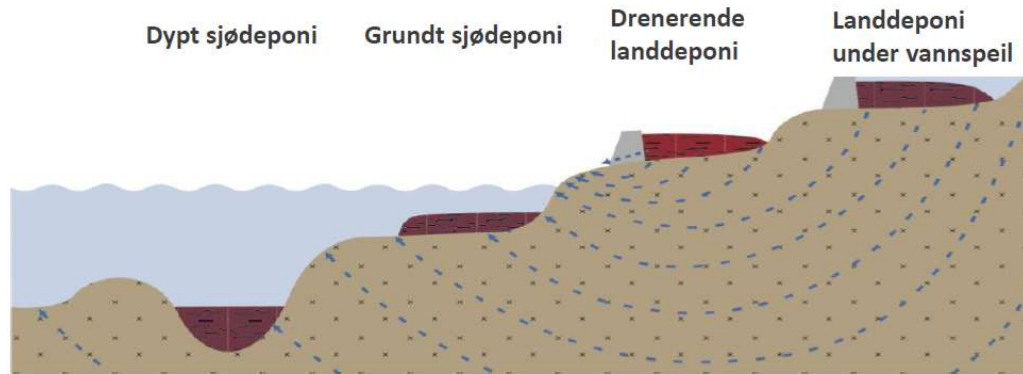
Den vanelegste deponiløysninga på verdsbasis er landdeponi. Dette har truleg samanheng med at UGTMF er forbundet med store tilleggskostnader som ikkje er foreinleg med økonomisk berekraftig utvinning av ressursar, samt utfordringar med deponering av store mengda gråberg i landskapet rundt gruva.

Nordic Rutile sin konklusjon basert på studien av UGTMF er at deponering av avgang i fjellhallar ikkje er ei berekraftig løysning av følgjande grunnar:

- Løysninga gir langt frå lønnsam prosjektøkonomi
- For å deponere eit tonn med avgang må det grovt sett tas ut 2 tonn med gråberg
- Det produserast store mengder gråberg utan eigna tilgjengeleg område for deponering
- Det gir betydeleg større teknisk kompleksitet og driftsrisiko
- Det må bereknast betydeleg større energiforbruk og klimagassutslepp

3.10 Vurdering av deponiløysning for handtering avgang

Som beskriver i Kapittel 3.4 vil det etter prosessering av malm og uttak av verdimineral, vere til overs finmala stein. Den massen ikkje kan brukast til alternative produktar eller tilbakefyllast, må deponerast. På verdsbasis er landdeponi ein vanlege løysing for deponering av avgangsmassar. Det lagast gjerne store dammar med fine massar kor avgangen pumpast ut i deponiet. I Noreg er sjødeponi gjerne den føretrekte løysninga. Det har samanheng med at førekomstane ligger nært djupe fjordar kor massane kan førast ned til fjordbunden i røyr. Figur 34 under visar ulike konsept for plassering av avgangsmassar på land og i vann.



Figur 34 – prinsippkisse for plassering av avgangsmassar på land og i vann (Flaathen Loe og Aagaard 2013)

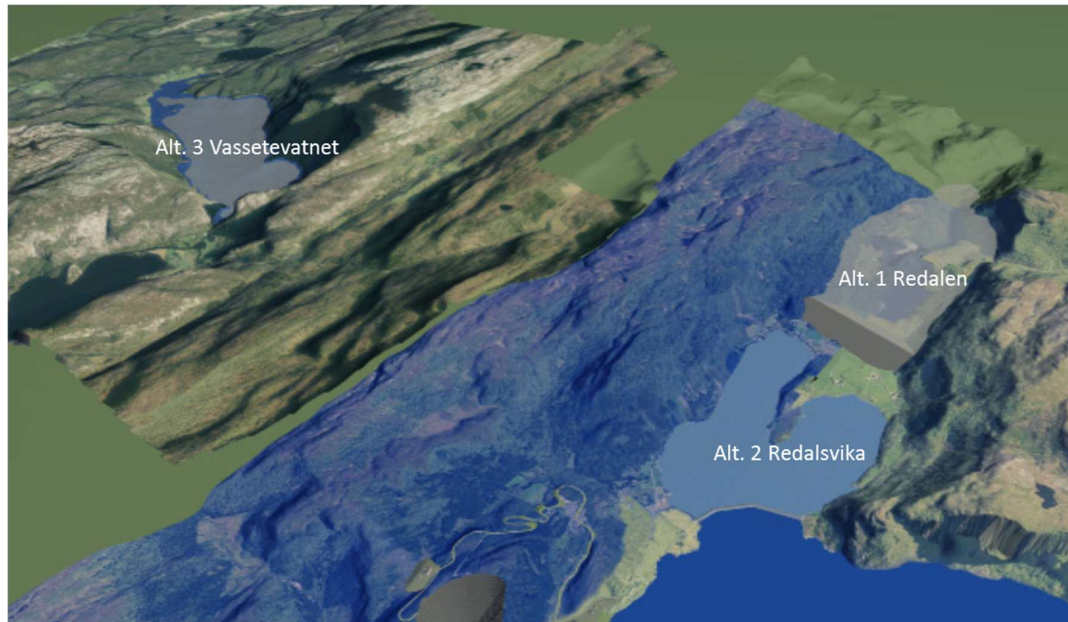
Ved plassering av massar i fjordbasseng med låge straumar omgitt av grunne tersklar, ligger deponia stabilt på fjordbunden. Dette er ein praksis som ikkje kan samanliknast med deponering av avgang i opent hav, slik det blir gjort i blant anna Tyrkia, Indonesia og Ny Guinea. I slike tilfelle kan massane førast med havstraumar og spreie seg over store områdar. Det er få land i verda som har fjordar og gruver som ligger nært kysten. I store gruveland som Australia, Sør-Afrika og Canada ligger ofte førekomstane langt inne i landet kor landdeponi er den einaste tilgjengelege løysninga. Figur 35 visar eit landdeponi for avgangsmassar i Canada. Ein velkjend utfordring knyta til landdeponi er dambrot som førar til ukontrollert utrasing av massane i deponiet og store øydeleggelsar på miljø og tap av menneskeliv. På verdsbasis skjer det kvart år fleire større dambrot med negative konsekvensar for samfunn og miljø.



Figur 35 – Avgangsdeponi på ved Copper Mountain i British Columbia, Canada

Vurderingar av eigna deponiløysning for Engebøprosjektet vart gjort som ein del av konsekvensutgreiinga for prosjektet. Det vart tidleg i prosjektet klart at å finne eigna stader på land var vanskeleg på grunn av topografien rundt førekomsten med fjell

og smale dalsøkk, og omliggende busetnad. Det var få eigna areal for etablering av eit landdeponi. Etablering av deponi i elver og innsjøar var også problematisk i forhold til oppvekstområde for laks og aure, og habitat for raudlisteartar som ål og utryddingstrua elvemusling. Figur 36 viser områder som vart vurdert som alternativ til sjødeponiet på botnen av Førdefjorden (Asplan Viak, 2012).



Figur 36 – Vurderte deponialternativer

Alternativ 1 er etablering av eit landdeponi i Redalen (Figur 37). For dette tilfellet må det etablerast ei demning på om lag 100 meter for å holde massane intakt innafør dalen. To mindre vatn som ligg i Redalsvassdraget, Lianvannet og Dalavatnet, vil bli fylt. Etableringa ville innebære forflytting av fleire husstandar og aktive gardsbruk.

Etablering av deponi i Redalsvassdraget var vurdert til å ha sterkt negativ påverknad på ål, laks, aure og elvemusling som lever i vassdraget. Det vart også vurdert som ein negativ konsekvens at partikkelavrenning frå landdeponiet kan ha konsekvensar for livet i Redalsvika med gyteområde for kysttorsk kor Redalselva har sitt utløp (NIVA, 2012).



Figur 37 - Deponi i Redalen

Alternative 2 er etablering av deponi i Redalsvika som er ein relativ grunn vik i Førdefjorden. Deponiet kunne potensielt romme ca. 80 millionar tonn av dei omsøkte 250 millionane. Deponiet ville krevje etablering av ei demning i utløpet av vika for halde massane intakt og forhindre ukontrollert transport ut i Førdefjorden. Deponi i Redalsvika ville ført til bortfall av alt liv i vika, inkludert gyteområdet for torsk, taeskog og ålegress. Det ville også isolere Redalsvassdraget for sjøvandrande ål, laks og aure.

For deponi i Redalsvika og i Redalen vart og dambrot vurdert som ein risiko, som potensielt kan føre til store miljø og samfunnskonsekvensar og ukontrollert spreing av massar i (NIVA, 2012).

Alternativ 3, Vassetevatnet er eit vatn som er ein del av Osenvassdraget som ligg nord for Engebø (Figur 38). For å føre restmassar til Vassetevannet må avgang pumpast over eit fjellparti, alternativt føres i tunnel gjennom fjellet (Nordic Mining, 2012). Vassdraget er eit oppvekstområde for laks og aure, og har ein bestand av ål. Etablering av eit deponi i Vassetevannet vart vurdert til å kunne ha effektar for heile vassdraget då fisk må passere deponiet (Figur 39). Det vart også vurdert som utfordrande å hindre avrenning av masser frå Vassetevannet vidare nedover i vassdraget og ut i sjøen.

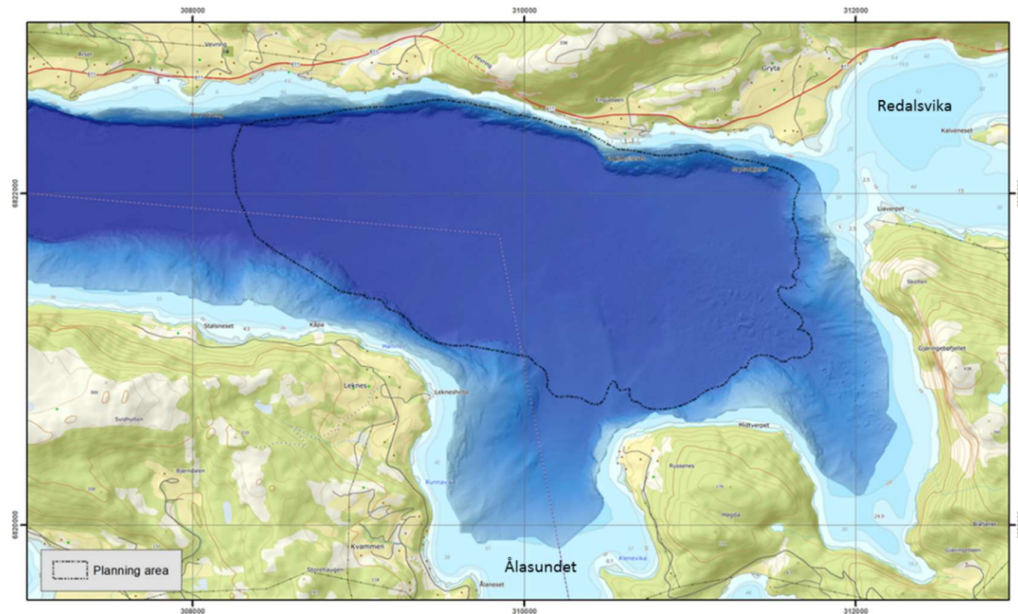


Figur 38 – Osenvassdraget



Figur 39 – Vassetvatnet med angitt deponi

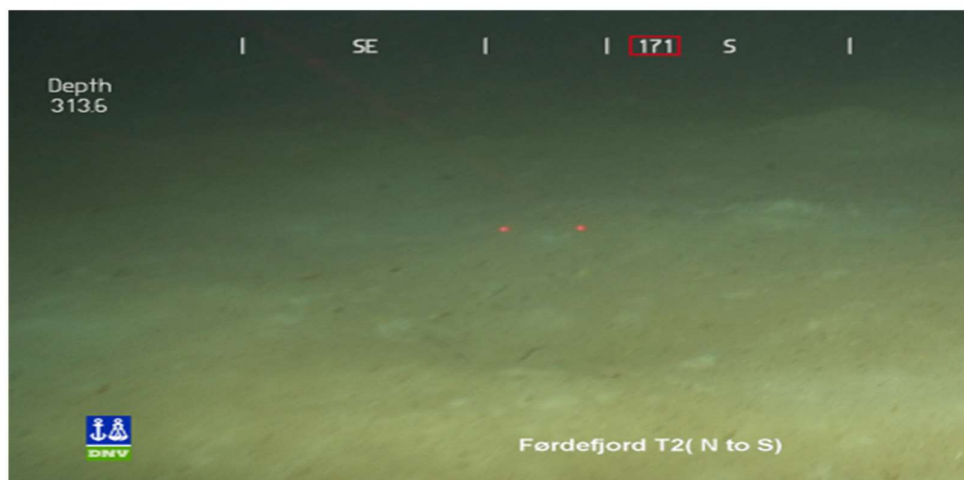
Deponiløysinga som er vald for Engebøprosjektet er sjødeponi på om lag 300 meters djupne i Førdefjorden. Deponiområdet ligg rett ved Engebøfjellet, vest for Redalsvika. Figur 40 viser det regulerte deponiområdet som et svart omriss. Gjennom eit avgangsrøyr førast massane ned til botnen av fjorden der det dannast en deponivifte på botnen. For meir informasjon om utleppsarrangement sjå Kapittel 7.3.



Figur 40 – Område regulert til sjødeponi

Deponiområdet er definert av grunne tersklar på høvevis 25 og 50 meter som danner barrierar til Redalsvika i aust og den indre Førdefjord i sør. Indre Førdefjord er definert som ei nasjonal laksefjord.

Konsekvensar av sjødeponiet har vore gjenstand for omfattande utgreiingar frå fleire faginstansar som del av konsekvensutgreiinga for prosjektet. Konklusjonen frå utgreiingane er at den største påverknaden av sjødeponiet er at blautbotnsamfunnet innanfor det regulerte området begravast i deponimassane. Bunden av Førdefjorden er eit sedimentasjonsmiljø kor mange millionar kubikk meter med silt og leirpartiklar er avsatt sidan siste istid, Figur 41.



Figur 41 – Bilde frå ROV undersøkingar på bunden av Førdefjorden

Deponiet er vurdert til ikkje å ha konsekvensar for gytetorsk, oppdrettsfisk eller laks som befinner seg på langt grunnare områder i fjorden. Deponiet ansjåast ikkje for å ha

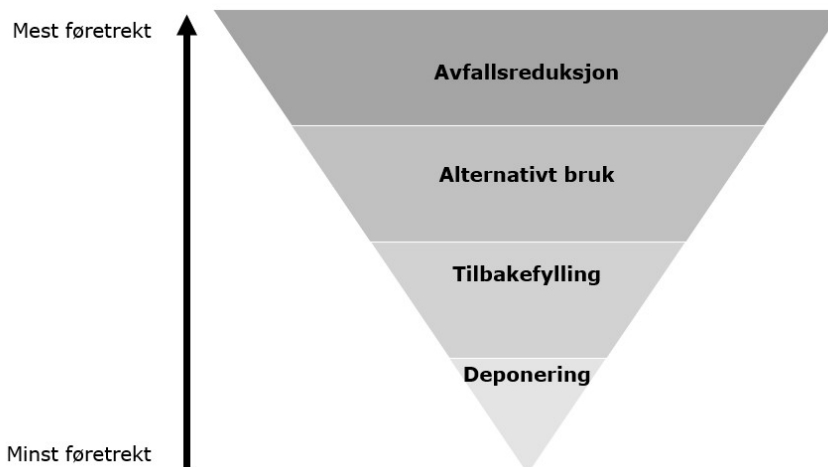
negative kjemiske effektar på vasskvalitet eller bunns substrat då massane verken innhald eller vil lekke ut skadeleg innhald av metall eller andre stoff (Sjå Kapittel 5.4.4). Modelleringar viser at det er låge strømhastigheitar på botn av fjorden som gir gode forhold for effektiv sedimentering av deponimassane på botnen med liten risiko for spreiding oppover i vassmassane eller utover deponiområdet i konsentrasjonar som gir effektar. Sjødeponiet og konsekvensar er nærare beskrive i Kapittel 7 og 9.

Ut frå en heilheitsvurdering er konklusjonen frå konsekvensutredningane at alternative deponiløysningar ikkje var miljømessig betre enn den sjødeponi . Det er Nordic Rutiles vurdering at deponi i Førdefjorden er den beste løysninga for prosjektet med hensyn til miljø og samfunn på kort og lang sikt. Norge har fleire historiske og operative sjødeponi. I dag er det 5 operative sjødeponi ved norske gruveselskap og eit operativt landdeponi. Etter avslutta deponering viser erfaringane av botndyr i sjødeponiet vender tilbake i deponimassane innan få år. Deponiet har slik en naturlig evne til rehabilitering, sjå Kapittel 8.1.3. Ved deponering på land er prosessar med å få livet tilbake i deponiområda ofte svært vanskeleg som følge av ørkenliknande tilstander (NIVA, 2012).

4 MINIMERING OG SAL AV AVFALLSMASSAR

Som vist i Kapittel 3 er det gjort ein rekke driftsmessige tilpassingar for å minimere produksjon av avfallsmassar og tilrettelegge for maksimal mogleg tilbakefylling. Målsetninga om å minimere behovet for deponi vidareførast inn i drifta med fokus på tilbakefylling og alternativ bruk.

Nordic Rutile sitt arbeid er fundamentert i hierarkiet for avfallsreduksjon for å identifisere praktisk og gjennomførbare løysningar for å redusere, utnytte til alternative formål og tilbakefylle gruveavfall (Figur 42). Som ein del av driftsorganisasjonen vil Nordic Rutile etablere egne aktivitetar og dedikerte ressursar for å systematisk arbeide for å minimere avfall.



Figur 42 - Avfallshieraki for Engebø

4.1 Avfallsreducerande tiltak

Nordic Rutile vil jobbe systematisk for å redusere produksjon av restmassar gjennom økt utvinning av verdimineraler og minst mogleg uttak av gråberg. Auka utvinning av verdimineraler frå førekomsten vil også vere positivt for driftsøkonomien.

Vidare optimalisering av dagbrotsdrifta kan gje grunnlag for en brattare heilning på dagbrotsvinkelen som kan gi ytterlegare reduksjon av mengde gråberg. Bedrifta undersøke gjennom geotekniske vurderingar og erfaringar frå drift vurdere dette fortløpande. Redusert mengde gråberg vil og gje lågare driftskostnader.

Etter avfallsreduksjon er det, ifølgje EU sin beste tilgjengelege praksis (BAT), tre hovudalternativ for å redusere den totale mengda avfall som må deponerast.

- Tilbakeføre avfall til holromma som er danna etter malmuttak
- Bruke avfall til interne formål (for eksempel byggjemateriale, bygging av ramper, bermar, vollar eller til rehabiliteringsmateriale for å dekkje til avfallsområder
- Bruke avfall til eksterne formål (som byggjemateriale for grunnarbeid eller til infrastruktur)
- Potensialet for gjenbruk av avfall vil avhenge av:
 - Avfallets karakteristikk som for eksempel mineralogi, partikkelstorleik og kjemiske eigenskapar
 - Økonomiske aspekt, som for eksempel behovet i marknaden for denne typen materiale, kvar marknaden er og pris og transportkostnad

4.2 Tilbakefylling i dagbrot og bergrom

som beskrive i Kapittel 3 er det moglegheit for tilbakefylling både i dagbrotet og i underjordsdrifta. I tråd med krav vi driftskonsesjon vil moglegheitane for tilbakefylling utgreiast i god tid før oppstart av i underjordsdelen som er 15 år inn i prosjektets levetid. Ei slik utgreiing vil ta omsyn til teknisk gjennomførbarheit, miljømessige aspekt og driftsøkonomi for å sikre ei mest moglege berekraftig løysning. Bedrifta vil i tråd med utsleppsløyve rapportere andel restmasse som kan tilbakefyllast til ei kvar tid. Under dagbrotsdrifta vil det ikkje være mogleg å tilbakefyller, men det er, som vist i Kapittel 3, er det moglegheit for å tilbakefyller ein stor andel av restmassane i underjordsdrifta i holrom under jord og i dagbrotet.

Det er og mogleg å tilbakefyller gråberg i dagbrotet etter avslutta dagbrotsdrift. Tilbakefylling av gråberg er kostbart og vil gje utslepp av klimagassar frå anleggsmaskinar. Utnytting av gråberget til alternative formål vil være å føretrekke og kan redusere behovet for uttak av jomfruelege masser andre steder.

4.3 Bruk av avfallsmassar til interne formål

Gråberg og avgang kan brukast som fyllmassar ved eventuelle utbyggingsformål internt på prosjektområdet. Dette vil vurderast i kvart enkelt tilfelle i produksjonsfasa. I den pågåande anleggsfasen blir stein frå grunnarbeid brukt til utbygging av infrastruktur i prosjektområdet som vegbygging, utfylling i hamneområde og planering.

4.4 Bruk av avfallsmassar til eksterne formål

Nordic Rutile har gjennomført undersøkingar av moglege bruksområda for gråberg og avgang til ulike formål. Dette har inkludert vurdering av bruk til blant anna fyllmassar, dikeforsterkning (vassbyggingstein), vegpukk, betongtilslag, overdekksmassar for forureina sjøbotn og jordforbetring.

Generelt er det en fordel for bruk at gråberg og avgang frå Engebø er inerte massar som ikkje lek ut skadelege stoff. I tillegg har massane eit lågt innhald av kvarts som er fordelaktig med omsyn til arbeidsmiljø ved handtering av massane.

4.4.1 Bruksområder for gråberg

Gråberg er steinmasse som produserast ved sprenging og uttak av malm frå gruvedrifta, og som på grunn av eit lågt innhald av rutil ikkje klassifiserast som malm. Ved planlegging av gruvedrifta var det viktig å sikre ein trygg lagringsplass for gråberg, og Engjabødalen vart ansett som ein eigna stad for lagring. Om lag 18,9 millionar tonn gråberg takast ut av dagbrotet i løpet av dei første 15 driftsåra. Steinen deponerast som grovskoten stein. I underjordsfasen produseres det langt mindre gråberg, om lag 0,8 millionar tonn.

Gråberg produsert ved gruvedrifta på Engebø vil i hovudsak bestå av lågverdig eklogitt, kalla leuco-eklogitt. Ein mindre del av gråberget vil være litologiane amfibolitt og gneis som representerar henholdsvis omvandla eklogitt og dei omkringliggende bergartene. Gråberget vil være lett tilgjengeleg for utnytting slik det er planlagt deponert i Engjabødalen. Nordic Rutile meiner at det er truleg at gråberget er en utnyttbar ressurs som kan nyttas over tid slik at deponiet i Engjabødalen i stor grad er midlertidig.

Nordic Rutile har undersøkt forskjellige bruksområder for gråberg/eklogitt. Eigna anvendelsar kan være innanfor segmentet av byggeråstoff. Dette er marknader som gir moglegheit for sal av store volum til relativt låge prisar. Stein til veg, betong-, kystsikring og til for eksempel til fundamentering til offshoreinstallasjonar og vindmøller er moglege bruksområde.

Ulike marknadssegment krev ulike kornstørrelser og kvalitetsstandardar. Det vil være naudsynt å knuse det grovskotne gråberget og sortere i dei ulike kornfraksjonane for å imøtegå ulike kravspesifikasjonar. Medan velsorterte masser på omlag 5-8 mm er eigna til produksjon av asfalt og som tilslag i betong, kan meir usorterte massar som 16-32 mm og finstoff 0-32 mm være eigna til fyllmasse og forsterkningslag til vegbygging. Generelt er det liten anvendlegheit av dei finaste fraksjonane frå pukkproduksjon og slike massar må gjerne deponerast.

Grov pukk på meir enn 32 mm og under 120mm kan være eigna til for eksempel ballastmateriale eller for jernbaneutbygging. Større fraksjonar (90-250 mm) kan også nyttast til moloar og erosjonsvern langs kysten, eller til maritime prosjekt som etablering av vindturbinar og offshore-installasjonar (såkalla vassbyggingstein).

Eklogitt frå Engebø har ei høg gjennomsnittleg eigenvekt over $3,2 \text{ g/cm}^3$, altså eit høgt vekt-til-volum-forhold. Dette gir den gode eigenskapar til vassbyggingstein kor steinen si tyngd gir stabilitet som motverkar erosjon og påverknad frå rørsle i vassmassane. Slike anvendelsar kan være til:

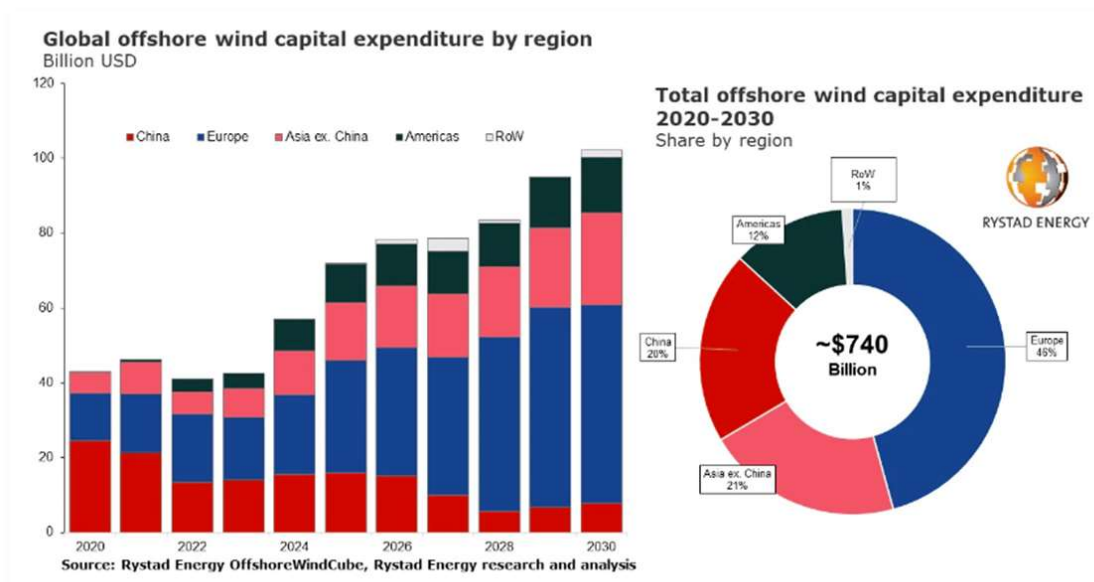
- Dekningsmasse rundt fundamenta til offshore-vindmøller. Utlekking av eklogitt kan motveerke erosjon, samt gi konstruksjonar og installasjonar beskytting.
- Dekkmasse over olje-installasjonar på havbotnen. Enten til beskytting av vitale komponentar mot vasstraumar eller som skjerming mot andre uønska påverknader.
- Masseoppbygning for bygningsformål og utbygging av hamneområder.

Den høge eigenvekta kan også gjere materialet eigna til spesialsegment som til å lage tung betong, men det største marknadspotensialet ligg innfor pukk og vassbyggingstein. En bakdel med den høge eigenvekta er at materialet vil ha noko høgare transportkostnader.

Eit eksempel på eklogitt til slik anvendig er Visnes Eklogitt AS si utnytting av eklogitt med høg eigenvekt. Eklogitt vart i utgangspunktet tatt ut som gråberg ved sidan av uttak av marmor, men er i dag eit forretningsområde. Eklogitt har blant anna blitt brukt som ballastmateriale ved bygging av Øresundbrua. Ved å bruke tunge bergartar i flyteelementa på bruene oppnår ein ein høgare stabilitet i forhold til å bruke lettare bergartar. Eklogitten frå Engebø vil ha like eigenskapar som Visnes-eklogitten, og er samanliknbar når det gjeld moglege bruksområde.

Størrelse på marknaden for vassbyggingstein er varierende frå år til år, og er avhengig av for eksempel antal vindmølleprosjekt som settast i gang. I 2016 vart det solgt om lag 1,5 millioner tonn med vassbyggingstein til offshore-industrien innanfor EU, kor den norske delen av Nordsjøen tilsvarte rundt 7% av total eksport. I 2021 vart det eksportert 26,7 millionar tonn knust stein frå Norge. Dersom ein legg til grunn at den andelen av dette volumet til offshore-føremål er 7%, tilsvarar det eit norsk eksport til bruk i offshore-føremål på nær 2 millionar tonn stein før ein eventuelt byrjar å auke marknadsandelen.

Ifølge Rystad Energy² vil investeringar i offshore vindkraft i Europa auke frå 15 milliardar USD i 2020 til 53 milliardar USD i 2030 (Figur 43). Dette gir gode forutsetningar for auka etterspørsel av vassbyggingstein i framtida kor det vil være behov for store mengder stein med høg eigenvekt.



Figur 43 - Markedsprognose for offshore vindmøllar (Rystad Energi)

²[Global offshore wind capital expenditure to more than double, top \\$100 billion in 2030 \(rystadenergy.com\)](https://rystadenergy.com)

På 1990- tallet vart det av bedrifta Fjordblokk drive ein mindre uttaksvirksomheit for produksjon av blokkstein frå førekomsten. Steinen vart då sprengt ut for å ta ut store steinblokker som kunne nyttast som vektmateriale til for eksempel bygging a moloar, diker og så vidare. Grunna sprekker i steinen var det ei utfordring få ut store nok blokker, og dette var medverkande til eit bregrensa uttak frå førekomsten til dette formålet.

Det har blitt gjennomført testar for å vurdere eklogitten sine mekaniske eigenskapar (Tabell 13). Testane viser at steinen har gode mekaniske eigenskapar og foreløpige testar viser også at steinen er eigna til vassbyggingsformål. Steinen kan også være eigna til vegpukk med nokre begrensingar blant anna som følgje av ein noko låg "polished stone value". Noreg eksporterar store mengder pukk til Europa for vegprosjekt. Det stillast då strenge krav til massane sine eigenskapar. Nordic Rutile er i dialog med ulike aktørar rundt moglegheitane for ei slik anvending. Det stillast generelt færre krav til vassbyggingstein enn til asfaltformål. Nordic Rutile planlegg å gjennomføre eit omfattande testprogram for å auke kunnskapen om steinens sine potensielle anvendingar.

Tabell 13 – Oversikt over mekaniske eigenskapar for eklogitt frå Engebøfjellet

Parameter	Eklogitt Engebøfjellet	frå	Typiske marknadskrav ³
Los Angeles	11,1		<35
PSV	52		50 - 68+
Abrasjonsverdi	0,34		<0,75
Flisighetstall	1,36		<20
SA-verdi	1,8		<2,0
Mølleverdi	7,8		<10
Sprøheitstall	27,6		
Eigenvekt	3.31-3.38		-

Nordic Rutile har kartlagt ulike salsmoglegheiter for eklogitt, og basert ulike strategiar for kvart område. Det er etablert kontakt med blant anna store mudringselskap som sel stein i forbindelse med offshore vindmøller. Nordic Rutile har også kontakt med fleire bygge-råvareselskaper i Europa som importerar grus og pukk frå Noreg. Basert resultat frå test-program og dialog med marknaden vil det vurderast kor ein kan oppnå avhending av større volum til ein akseptabel pris i forhold til ulike applikasjonar, marknadstørrelse og så vidare.

Avhengig av type, vil det ved ei avhending av gråberget være aktuelt å anleggje eit konvensjonelt pukkverk for knusing, sikting og sortering av stein. Utforminga av pukkverket vil avhenge av kva for fraksjonar og tonnasje det er aktuelt å produsere. En kommersialisering av gråberget vil difor medføre eit investeringsbehov som følgje av etablering av pukkverk inkludert knusar, sikteanlegg, transportband og anna infrastruktur for transport av stein til utskipingskai. I detaljreguleringsplanen for

³ N200 Vegbygging håndbok; NGU rapport 2014.040; NGU rapport 2005.081

Engebø er det i området regulert for gråbergsdeponi tilrettelagt for eit slikt anlegg. Nordic Rutile jobbar med ulike oppsett for å organisere knusing, sikting og logistikk av stein. Sidan sal, spesielt til vassbyggingstein og større infrastrukturprosjekt, er kampanjedrive vil andelen som kan seglast variere over tid. Det vil også variere kor mykje stein som takast ut i dagbrotet kvart år. Trygg lagring i gråbergsdeponiet er difor ein viktig føresetnad for prosjektet.

Sidan massane er relativt tunge og har forventa låg verdi, vil transportkostnader være viktig for å vurdere kor langt massane kan fraktast innafor samfunnsøkonomiske rammer. Her er plasseringa like ved fjorden og ope hav ein fordel. Det kan likevel være utfordrande å konkurrere mot bedrifter som ligg nærare sluttkunden. Bruk av massane må også veies opp mot miljøavtrykk knytt til klimagassutslepp frå transport. Nasjonal offentleg anskaffing vil kunne bidra til bruk av gråberg og restmineral gjennom krav om bruk av gjenbruk i store prosjekt.

Detaljreguleringsplan stiller krav til å stille sprengt gråberg disponibelt for Sunnfjord kommune der dei ynskjer å utnytte stein til lokale formål, inkludert:

- Utbygging av næringsområde for aktivitet knytt til mineralutvinning.
- Utbygging av fritidsanlegg og infrastruktur i nærområdet som moloar og liknande.

4.4.2 Bruksområder for avgangsmassar

Medan gråberg finnast som grove masser som gir moglegheit for produksjon av ulike fraksjonar er avgangsmassane fine masser beståande av sand, silt og leire, hoyuddsakeleg i kornstørrelse mellom 0 og 450 mikrometer. Bruken av fine masser er begrensa og slike masser blir ofte produsert med overskudd ved pukkprodusentar og andre gruvevirksomheiter, og må difor deponeres.

Det er planlagt ein produksjon på om lag 1,3 millioner tonn avgang per år. Disse massane er finmalt eklogittstein beståande av hovudsakeleg vanlege bergartsdannande mineral som amfibol og pyroksen, saman med restar av grant og rutil som ikkje kan utvinnast til produkt.

Nordic Rutile har undersøkt ei rekke anvendelsesområder for avgangen inkludert:

- Fyllmassar
- Betongtilslag
- Jordforbetring
- Tildekkingsmassar

Eit utval av moglegheiter beskrivast nedanfor.

Fyllmassar til bygg og anlegg

Det er antatt at den mest nærliggande utnyttinga av avgangsmassane i større skala er som fyllmassar i anleggsindustrien. Typisk vil dette kunne være i private og offentlege anleggs- og bygg prosjekter, som utfylling i havneområder og bygging av kunstige øyer for havvindsanlegg. Dette kan være snakke om kampanjedrevet behov av større mengde masser over eit kortare tidsrom.

Avgang kan mogleg utnyttast som fyllmasse i forbindelse med utbygging landområder og til dikeforsterkning i til dømes i UK eller Nederland. Bygging og forsterking av diker

er nærast eit kontinuerleg arbeid i Europa og det brukast i dag store mengder lausmassar til dette formålet. Mykje av lausmassane mudrast frå marine nærrområder noko som gir store areal med forstyrrelser på havbotnen. Dikane fungerer i prinsipp som langstrakte demningar og må difor tole trykkbelastningar frå vatnet utanfrå. Dikane byggast opp gjennom fleire ulike komponentar for å sikre stabilitet og tettheit. Ein av konsekvensane er at det leggast beslag på relativt store landområde i bakkant av dikane. Forsterking av dikane sin bakvegg med eigna massar kan være eit av fleire alternativ.

Jordforbetring

Eit mogleg bruksområde for avgang er som steinmjøl. Steinmjøl brukt til gjødsling og jordforbetring består normalt av uforvitra, næringsrike bergartar som har blitt knust til fint støv, der 80 % av partiklane er mindre enn 90 mikrometer. Tilgjengelegeit av næringsstoff i steinmel for plantar aukar betrakteleg jo mindre partiklane er. En stor del av det som i dag brukast som steinmjøl og som kjem frå grustak og gruver er ikkje reint steinmjøl etter definisjonen ovanfor, men inneheld mykje sand. Dette vil også være tilfellet for partikkelsamansetninga i avgang frå Engebøprosjektet. Eit omfattande utviklingsarbeid må gjennomførast for å undersøke om steinmjøl frå Engebø skal kunne bli etablert i ein større europeisk marknad. Dette vil likevel være snakk om relativt avgrensa bruksområde.

Tilslag til betong

Avgang vil kunne erstatte dei fine fraksjonane som inngår i en betongresept som potensielt utgjør om lag halvparten av tilslaget i betong. Gråberg kan inngå som grovt tilslag etter knusing. Nordic Rutile har i samarbeid med Høgskulen på Vestlandet testa avgang som tilslag til betong. Testane gav positive resultat ved bruk av avgang frå Engebøprosjektet som erstatning for fint tilslag og betongen gav god fastheit og styrkeforhold (Øen og Ishimwe 2020).

Nordic Rutile vil gjennomføre ytterlegare testar for å vurdere eignaheiten til avgang for betongformål med omsyn til betongen sin bestandighet, sementforbruk og risiko for alkali-reaksjonar som kan skade betongen. Nordic Rutile vil under drift sjå på moglegheiter for eit etablere eit større prosjekt for produksjon av betong i tilknytning gruveanlegget. Betongen kan potensielt nyttast både til tilbakefylling i gruverom under jord og til eksterne formål. Nordic Rutile er også i kontakt med selskap som utviklar nye typar betongresept basert på miljøvennleg betong utan bruk av sement, der avgangsmassar kan ha ein enda større anvending. Meir testarbeid, samt forskning og utvikling er planlagt for å vurdere desse bruksområda i meir detalj.

Tildekkingsmasse over tidlegare forureina sjøbotn

Avgang frå Engebø er kvalifisert som eigna til tildekkingsmasse over forureina sjøbotn (Biologge, 2010). I Noreg er det identifisert 17 ulike hamner der myndigheitane vil iverksette tiltak for å forbetre miljøtilstanden på botn. Nordic Rutile vil søke å samarbeide med myndigheitane for å vurdere om det kan være eigna prosjekt for bruk av restminerala. Slik tildekking krevjer ofte relativt store mengder masse då tjuknaden på sjølve overdekkingslaget bør være opp mot 0,5 meter for å hindre spreining av dei forureina sedimenta under. Avgangsminerala har høg eigenvekt (3,2 g/cm³) samanlikna med mineral som kvarts og feltspat. Dette er ein fordel for å gi ein meir effektiv sedimentasjon og for materialet si emne til å motsette seg erosjon og

oppvirvling. Bruk for tildekking vil i kvart enkelt tilfelle måtte vurderast i forhold til kostnader for transport og eventuelt annet tilgjengeleg materiale lokalt.

Å finne bruksområde for avgangsmassar har vist seg å være utfordrande innanfor mineralindustrien. Mange selskap har gjennomført program for å få finne anvendelsesområder for avgangen sin utan av dette har resultert i avhendig av større volum. Ei utfordring er transport av masser med låg/ingen verdi over større avstandar. Sjølv om det er mogeleg å finne bruksområde i nærområdet til gruva er det ofte vanskeleg å forsvare lang og kostbar transport. Dette bør også takast i betraktning i eit klimaperspektiv kor bruk av kortreiste masser gir eit lågare utslepp av klimagassar. Nordic Rutile vil fortsette kartlegging av moglege anvendelsesområder for avgangen og rapportere alternativ bruk i tråd med utsleppsløynet.

4.4.3 Eksterne initiativ for å utvikle bruksområde for restmassar

Nordic Rutile jobbar aktivt for initiativ og deltaking i regionale og nasjonale prosjekter for å utvikle bruksområda for avgang og gråberg i nye og eksisterande verdikjedar. Eksisterande arbeid innebera:

- Opprette ein lokal mineralinkubator: Nordic Rutile har gjennom utbyggingsavtale med Sunnfjord og Askvoll kommune, samt Vestland fylkeskommune bekrefta finansiell støtte og ressursar til ein inkubator som skal fokusera på bruk av restmineraler og teknologi for å auke/forbetre produksjon som fører til mindre avfall. Inkubatoren skal være etablert ved oppstart av produksjon
- Delta i prosjekter i samarbeid med Norsk Bergindustri (NBI): Gjennom deltaking i deponikomiteen jobbar Nordic Rutile saman med andre medlemsbedrifter for å igangsette prosjekter for økt utnytting av restmasse. Saman med Norsk Bergindustri har Nordic Rutile tatt initiativ til etablering av et nasjonalt prosjekt for kartlegging og utvikling av bruksområda for restmasse

5 KARAKTERISERING AV AVFALL FRÅ DRIFTA

Dette kapitlet svarar ut krav til karakterisering av avfall i samsvar med avfallsforskrifta Kap. 17 vedlegg II. Ei oversikt over og generering av avfall frå uttak og mineralprosessering er gitt i Kapittel 4.1 og 4.2. Karakterisering er basert på analyser og testar av gråberg, malm, avgang, materiale til mellomlager og sedimentasjonsbasseng. Alle geokjemiske analyser (tungmetallanalyser, Acid/Base-analyser og analyser av utlekking) er utført av ALS Minerals, Sverige, mellom 2017 og 2022 og alle asbest-analyser er utført av Sintef (2016 og 2021).

5.1 Geologisk bakgrunn

Engebøførekomsten (malmen) er ein av verdas rikaste førekomstar av rutil (TiO_2), i tillegg til å være unik for sitt svært høge innhald av almandin-type ($\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$) granat. Førekomsten er ei større eklogitt-linse danna ved høgtrykks regional metamorfose av ein proterozoisk gabbro anrika på ilmenitt (FeTiO_3). Den metamorfe hendinga som førte til eklogitt facies forhold var den Kaledonske fjellkjedefoldinga som kulminerte i tidsperioden devon, for om lag 400 millionar år sidan. Som eit av resultatata frå danninga og den geologiske utviklinga til førekomsten er innhaldet av tungmetall og radioaktive element lågt i førekomsten, typisk på bakgrunnsnivå.

Malmen er ei linse på om lag 2,5 x 0,5 km som stryker aust-vest med eit subvertikalt fall mot nord. Den faktiske mektigheita til førekomsten er ikkje bekrefta ved boring, men høgverdig eklogittmalm er funne i overflata ved om lag 300 meter over havet i aust, til borehol frå om lag 200 meter under havnivået. Gjennom kjerneboringar og ressursmodellering er Engebø førekomsten estimert til å innehalde om lag 390 millionar tonn (målte, indikerte og utleia ressursar) malm (>2% TiO₂) med gjennomsnittleg innhald av TiO₂ på 3,3% og 42% granat. Kjernevolumet av eklogitten er lite omvandla, og omvandlinga aukar typisk ut mot marginane av eklogittlinsa. Mot kontakta til den omliggande gneisen er omvandlinga total, og eklogitten er fullstendig amfibolittisert. Grunna sterke, regionale skjærkrefter under omvandlinga er kontakta mellom eklogitten og gneisen folda og er dominert av ei blandingssone av gneis og meir eller mindre omvandla eklogitt/amfibolitt. Eklogitt er ein bestandig bergart, og overflateforvitring eller anna omvandling er for alle praktiske formål ikkje-eksisterande.

Som eit verktøy for å sub-klassifisere eklogitten vart undernemnde eklogittklassar oppretta basert på innhaldet av TiO₂:

- Ferro-eklogitt: >3% TiO₂
- Trans-ekloitt: 2-3% TiO₂
- Leuco-eklogitt: <2% TiO₂

I dagens gruveplan vil grovt sett ferro-eklogitt prosesserast direkte, trans-eklogitt vil lagrast i eit mellomlager og leuco-eklogitten vil bli deponert på gråbergsdeponiet. I tillegg vil mindre mengder amfibolitt, gneis og alternerande (folda og blanda gneis og eklogitt/amfibolitt) bryast som gråberg. For ei oversikt over dei ulike litologiane, sjå Tabell 14.

Tabell 14 - Oversikt over malm- og gråbergslitologiane i Engebøfjellet

Litologi	Tyngde (g/cm ³)	Bergartsdannande mineralogi	Typisk kornstorleik	Saman-setning	Danning	Malm/ Gråberg
Ferro-eklogitt	3,5	Pyroksen, Granat, amfibol, rutil, kvarts og karbonat	<0,5 mm	Mafisk	Prograd metamorfose	Malm
Trans-eklogitt	3,4	Pyroksen, Granat, amfibol, rutil, kvarts og karbonat	<0,5 mm	Mafisk	Prograd metamorfose	Malm(lager)
Leuco-eklogitt	3,2	pyroksen, Granat, amfibol, kvarts, glimmer, rutil og karbonat	<0,5 mm	Mafisk	Prograd metamorfose	Gråberg
Amfibolitt	3,2	Amfibol, glimmer, feldspat og karbonat	<2 mm	Mafisk	Retrograd metamorfose	Gråberg
Alternerande	3,0	Pyroksen, kvarts, granat, glimmer og amfibol	<0,5 mm	Mafisk/ Felsisk	Blanding ved folding og skjær	Gråberg
Gneis	2,8	Kvarts, feltspat og glimmer	<10 mm	Felsisk	Deformasjon/skjær under trykk	Gråberg

I ferro-eklogitt er granat typisk det andre mest førekommande mineralet (ca. 45 vekt%) medan rutil typisk er det fjerde mest førekommande mineralet (ca. 4 vekt%) i ferro-eklogitt. Basert på kjemiske analyser er det fastsett at meir enn 95% av all TiO₂ i malmtypene opptre i form av rutil. I områder prega av meir omvandling er dette talet mindre, men dette utgjer ein liten andel av førekomsten. I desse områda førekjem ein

større andel av TiO₂ i form av ilmenitt. Tabell 15 viser ei oversikt over det gjennomsnittlege, kjemiske innhaldet (hovudelement) i dei ulike malm- og gråbergslitologiane.

Tabell 15 - Oversikt gjennomsnittleg kjemisk innhald i malm- og gråbergslitologiane i Engebøfjellet

Litologi	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	TiO ₂	K ₂ O	SO ₃
Leuco-eklogitt	49	12	16	8	8	3	1	1	0,4
Trans-eklogitt	47	16	15	10	6	3	2	1	0,5
Ferro-eklogitt	45	18	14	10	6	2	4	0	0,5
Amfibolitt	50	11	10	10	11	2	1	1	0,4
Alternerande	56	9	15	6	6	3	1	1	0,3
Gneis	73	3	13	2	1	2	0	3	0,0

Strukturgeologisk er Engebøfjorekomsten dominert av eklogitt-facies foldar, skjærsoner og foliasjon. Mekanismane bak deformasjonen er tolka til å ha vore topp-til-venstre aust-vest skjærbevegelse kombinert med nord-sør-kompresjon.

5.2 Beskriving av ulike avfallsstraumar

Dei ulike avfallstraumane kan klassifiserast i tråd med den europeiske avfallslista (EAL) som vist i Tabell 16. Gråberg, malmlager og sediment i sedimentasjonsbassenget klassifiserast som avfall frå utvinning av metallhaldige mineral, kode 01 01 01. Avgangen består av fleire avgangsstraumar slik vist i Tabell 16. Den totale avgangen er klassifisert som avfall frå fysisk og kjemisk bearbeiding av metallholdige mineral, kode 01 03 05.

Tabell 16 - Avfallstype, mengde og EU sin avfallskode for Engebøprosjektet

Avfall	Gjennomsnitt årleg mengde (Mt/år)	Mengde over levetid (Mt)	EU sin avfallskode	Deponi
Avfallsstrøm				
Gråberg	0,9	18,9	01 01 01	Gråbergsdeponi
Malmlager	0,6	9,3	01 01 01	Gråbergsdeponi
Avgang (totalt)	1,3	51,4	01 03 05	Sjødeponi
Avgangstraumar				
• Våt avgang frå Fin granat*	0,49	17,8	N/A	Sjødeponi
• Våt avgang frå rutilkrets*	0,47	16,8	N/A	Sjødeponi
• Tørr avgang frå rutilkrets*	0,14	5,1	N/A	Sjødeponi
• Våt avgang frå grov granat*	0,08	2,8	N/A	Sjødeponi
• Tørr avgang frå fin granat*	0,05	1,9	N/A	Sjødeponi

• Avgang frå førebuing av pågang til prosessanlegg*	0,08	2,8	N/A	Sjødeponi
• Pyrittavgang	0,01	0,5	N/A	Sjødeponi/mogleg sal ref. kap 4.2
Avsette sediment i sedimentasjonsbasseng		TBC	01 01 01	Sedimentasjonsbasseng

Tabell 16 viser produserte avfallstraumar frå ulike prosessar og kor dei skal deponerast. Volum og karakteristikk av avfallet finns i Kapittel 5 og 6, og ei beskriving av deponia finns i Kapittel 7. Tabell 17 viser årleg generering av gråberg og malm som skal køyrast til gråbergsdeponiet.

Tabell 17 - Årleg generering av gråberg og malm til mellomlager

År	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 6	År 7
Malm til mellomlagring (t)	737 096	1 058 650	1 072 047	947 019	597 906	527 686	591 803
Gråberg (t)	1 885 917	1 047 671	506 681	181 900	2 359 268	1 112 973	1 325 322
Malm (m ³)*	346 212	497 245	503 537	444 812	280 835	247 853	277 968
Gråberg (m ³)*	885 810	492 088	237 987	85 438	1 108 141	522 760	622 500
Akkumulert malm (m³)	346 212	843 456	1 346 994	1 791 806	2 072 640	2 320 493	2 598 461
Akkumulert gråberg (m³)	885 810	1 377 897	1 615 884	1 701 322	2 809 463	3 332 223	3 954 723
År	År 8	År 9	År 10	År 11	År 12	År 13	År 14
Malm (t)	1 020 161	568 868	-	346 821	339 826	63 231	-
Gråberg (t)	1 129 084	638 064	167 321	117 820	4 036 912	3 807 922	570 793
Malm (m ³)*	479 167	267 196	-	162 901	159 615	29 699	-
Gråberg (m ³)*	530 327	299 697	78 590	55 340	1 896 125	1 788 569	268 100
Akkumulert malm (m³)	3 077 627	3 344 823	3 344 823	3 507 724	3 667 339	3 697 038	3 697 038
Akkumulert gråberg (m³)	4 485 050	4 784 747	4 863 337	4 918 677	6 814 802	8 603 371	8 871 471

* Basert på 3.3 tonn/m³ og ein svellefaktor på 1.55

I tillegg til prosessane vist Tabell 17 i vil grunnarbeid i byggjefasen generere masser av ikkje-kontaminert jord og andre masser frå gravearbeid. Dei massane som ikkje kan brukast direkte skal lagrast i det gamle dagbrotet aust for Engebøfjellet og/eller i gråbergsdeponiet. Matjord skal lagrast til bruk for revegetasjon av dagbrot og gråbergsdeponi. Steinmassar vil nyttast som fyllmateriale til utbygging av infrastruktur i prosjektområdet inkludert tilkomstveg og serviceområde.

5.3 Geoteknisk karakterisering av avfallet

Det er gjort testar og simuleringar av kornkurver og eigenskapar ved utsprengt malm og gråberg. Nordic Rutile har målt bulkttettleik for avgang og berekna porøsitet og komprimeringsgrad. Eit samandrag av geotekniske eigenskapar for materialet er vist i Tabell 18.

Tabell 18 - Oversikt over geotekniske eigenskapar for dei ulike avfallstypene frå Engebøprosjektet

Eigenskap	Gråberg	Malmlager	Sediment sedimentasjonsbasseng	Avgang frå prosessanlegg	Eining
Partikkeltettleik	3,2	3,4	3,3	3,3	t/m ³
Bulkettleik	2,0	2,2	2,1	2,1	t/m ³
D50	200 mm	210 mm	60 µm*	95	mm/µm
D80	345 mm	355 mm	85 µm*	155	mm/µm
Porøsitet	35	35	39	36	%
Hardheit (teoretisk)	6,5	6,5	6,5	6,5	Mohs
Vass- innhald	N/A	N/A	39	30**	Vektprosent
Intern, effektiv friksjonsvinkel	45-50	45-50	45-55	40-45	grader
Komprimeringsgrad	20-25	20-25	20-25	20-25	%

* Berekna

** Før tilsetting av sjøvatn

5.4 Geokjemisk karakterisering av avfallet

Basert på en geokjemisk karakterisering kan avfall klassifiserast som inert, ikkje-inert eller farleg. EU sitt direktiv for avfallshandtering for utvinningsindustrien (2014/EØS/21/33) definerer inert avfall som:

Avfall som ikkje gjennomgår nokon vesentleg fysisk, kjemisk eller biologisk omdanning. Inert avfall vil ikkje oppløysast, brenne eller på nokon annan måte reagere fysisk eller kjemisk, det er ikkje biologisk nedbrytbart og skadar ikkje andre stoff det kjem i kontakt med på ein måte som kan medføre forureining av miljøet eller være skadeleg for menneske si helse. Avfallet si totale utlekking og innhald av forureinande stoff må være ubetydeleg, og må framfor alt ikkje representere nokon fare for kvaliteten til overflatevatnet og/eller grunnvatnet.

Den kjemiske stabiliteten til avfallet er førande for definisjonen av inert avfall. Kjemisk stabilitet kan vurderast basert på:

- Kjemisk innhald av svovel og tungmetall
- Potensial for syrenøytralisering
- Potensial for utlekking av tungmetall i vatn

For avfall med over 0,1% svovel på sulfidform vil syrenøytraliseringspotensialet (NPR) sette føringar for om avfallet skal vurderast som inert. Avfallsforskrifta definerer avfall som inert dersom NPR er over 3 (NPR bestemt ved statisk test i tråd til EN15875).

Dersom innhaldet av tungmetall overstig normverdiene for forureina grunn som er angitt i forureiningsforskrifta (1. juni 2004 nr. 931) skal det i samsvar med avfallsforskrifta utførast utlekkingstestar av avfallet for å dokumentere kjemisk stabilitet.

I denne delen vil geokjemisk karakterisering av dei ulike avfallstypene beskrivast. Geokjemiske analyser av avfallsprøver er gjennomført av akkreditert laboratorium, ALS Minerals. Eit representativt utval av prøver er gjort for å reflektere variasjonar i mineralogi, kjemi og romleg plassering.

5.4.1 Geokjemisk karakterisering av Gråberg

Det er utført ulike analyser for å karakterisere gråberget. Gråberget består av 4 ulike bergartar. Andelane av dei ulike gråbergslitologiane som vil utgjere det totale gråbergsdeponiet knytt til Engebøprosjektet er vist i Tabell 19.

Tabell 19 - Andel av litologiar i gråbergsdeponiet

Litologi	Andel i gråbergsdeponiet (vektprosent)
Leuco-eklogitt	87,5
Amfibolitt	10,5
Gneis	1,5
Alternerande	0,5

Potensial for syreutlekking

Analyser av syreutlekkingspotensial er gjort basert på Acid/Base-analyser (ABA) i samsvar med EN 15875⁴. Samandrag av testarbeidet er oppsummert i Tabell 20. Resultata viser at alle gråbergslitologiane har ein NPR over 3 og derfor definerast som å ikkje ha eit potensial for sur avrenning i tråd med inert-klassifiseringa. Det totale gråbergsdeponiet har i gjennomsnitt ein NPR på om lag 10. Basert på testarbeidet kan det konkluderast med at det ikkje vil førekome sur avrenning frå gråbergsdeponiet.

Tabell 20 - Oppsummering testarbeid for syrenøytraliseringspotensiale (NPR) av gråbergslitologiar

Litologi	Antal prøver	NPR
Leuco-eklogitt	5	6,4
Amfibolitt	4	6,0
Alternerande	2	7,3
Gneis	3	674,7
Totalt gråbergsdeponi	14	9,7

Innhald av tungmetall

Det er gjennomført analyser av innhald av tungmetall (ICP-MS-analyse) for 56 gråbergsprøver. Resultata av testane er vist i Tabell 21. Tungmetallverdiane er under normverdiane forutan om for nikkell og krom. For innhald av krom er det viktig å vurdere i kva for oksidasjonsform krom opptre. Analyser kan vise om krom førekjem som trivalent (Cr^{3+}) eller heksavalent (Cr^{6+}). Det er heksavalent krom, som er anset for å være den helse- og miljøskadelege varianten. Kromanalyser av gråberget viser at det det utelukkande dreier seg om trivalent krom i gråberget som ikkje vurderast å utgjere en miljørisiko. Nikkelverdiane er over normverdiane for leuco-eklogitt og amfibolitt og det har difor blitt gjort ytterlegare undersøkingar for å vurdere potensialet for utlekking.

⁴NPR definerast basert på balansen mellom syregenereringspotensial (AP) og syrenøytraliseringspotensial (NP), $\text{NPR} = \text{NP}/\text{AP}$. Ein høgare verdi for NPR viser ein lågare risiko for syredanning. Dersom ei prøve har NPR over 3 er prøva klassifisert som i kkje-syredannande.

Tabell 21 - Oversikt over sporelementanalyser av gråbergslitologiar i forhold til normverdiane for forureina grunn ref. forureiningsforskrifta

Lithologi	Antal prøver	Andel gråbergsdeponi	As	Cd	Cr tot	Cr (6+)	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
Leuco-eklogitt	12	87,5	1,3	0,1	109	<0.3	47	104	7,4	113	0,01
Amfibolitt	24	10,5	1,7	0,2	509	<0.3	81	203	6,9	117	0,01
Gneis	9	1,5	0,7	0,1	28	<0.3	22	14	21,1	55	-
Alternerande	11	0,5	1,2	0,1	64	<0.3	41	54	14,4	84	-
Totalt gråbergsdeponi	56	100	1,3	0,1	150	<0.3	49,8	113	7,5	112	0,01
Normverdi*			8	1,5	50	2	100	60	60	200	1

Forutan verdiane for krom vil alle verdier målst opp mot kapittel 2, vedlegg 1.

Jordprøver frå gråbergsområdet viser forhøga bakgrunnsverdier av metallet.

Utlekkingstestar

Sidan innhaldet av nikkel overstig normverdiane for leuco-eklogitt og amfibolitt er det gjennomført utlekkingsforsøk for å undersøke potensialet for miljørisiko knytt til nikkelutlekkning. Perkolasjonstestar (Kolonnetestar) er gjennomført av ALS i samsvar med SIS-CEN/TS 14405. Ein prøvesylinder blir fylt med prøvemateriale og vatn blir rolig pumpa opp gjennom prøvematerialet (om lag 15 cm per dag). Totalt pågår testen i 30 dagar ved forskjellige forhold mellom væske og faststoff (L/S). Ved L/S = 0.1 oppnåast likevekt etter om lag 2 døgn. Ved jamne mellomrom blir lakvatn tappa ut og analysert for sitt innhald. Resultata frå prøvene viser at tungmetallkonsentrasjonane i lakvatnet typisk er 10-50 gonger lågare enn grenseverdier for utlekkingspotensial satt i avfallsforskriften Kapittel 11. Resultata av utlekkningstestarbeida er oppsummert i Tabell 22.

Tabell 22 - Oppsummering utlekkningstestar på to gråbergsprøver sammenlikna mot grenseverdier

Analyse på utlekkingsvatn	L/S = 0,1 kg/l. Alle analysene er oppgitt i mg/l utlekkingsvatn (kolonnetestar)		
	Grenseverdi	Leuco-eklogitt	Amfibolitt
As	0,060	0,027	0,015
Ba	4,000	0,176	0,226
Cd	0,020	0,0003	0,0001
Cr	0,100	0,012	0,004
Cu	0,600	0,029	0,013
Hg	0,002	0,000	<0,00002
Mo	0,200	0,029	0,015
Ni	0,120	0,009	0,012
Pb	0,150	0,015	0,010
Sb	0,100	0,028	0,046
Se	0,040	0,003	0,003
Zn	1,200	0,082	0,060
Cl	460	17	15
F	2,5	0,52	0,42
SO4	1500	41	76
DOC	160	6	5

Resultat frå kinetiske testar

Det er gjennomført kinetiske testar for 2 prøver i 20 veker i samarbeid og samråd med fagfolk i SRK som også har bistått i tolking av dataene. Testarbeidet vart gjennomført av ALS i Canada. Ei prøve av amfibolitt og ei prøve av leucoeklogitt vart analysert. Testarbeidet følger internasjonale standardar på korleis kinetiske testar skal gjennomførast. I testane ser ein på utlekkingspotensialet til prøvene over tid, samt kva for bufferkapasitet som finst i dei ulike prøvene. Det blir tatt ut vassprøver som blir analysert kvar veke, så datagrunnlaget består av totalt 20 sett med analyser av utlekkingsvatn.

Testresultata frå dei to prøvene viser at utlekkingspotensialet er lågt. Samanlikna mot prøvene sitt kjemiske innhald viser testane at det ikkje er noko som tyder på at sur avrenning og utlekking av tungmetall kan oppstå. Ei meir detaljert analyse av prøveresultata er under utarbeiding.

5.4.2 Malmlager

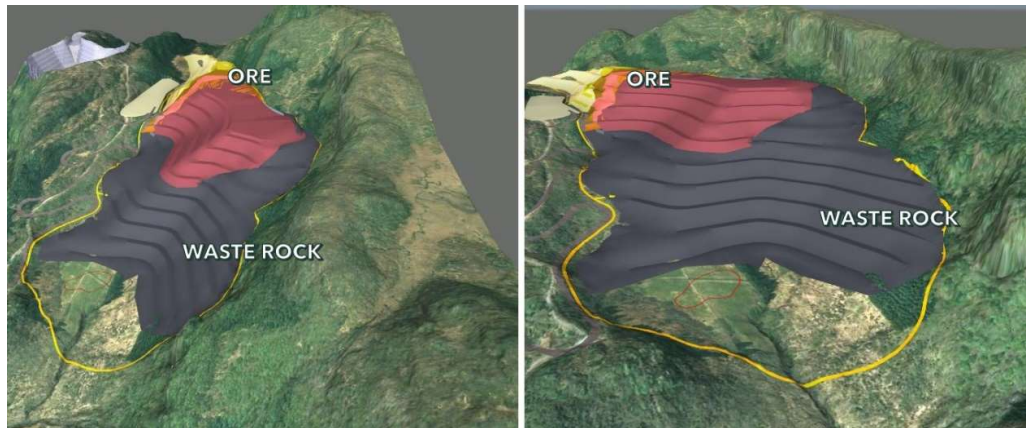
Trans-eklogitt er lågverdig malm som blir tatt ut i dagbrotsfasa og vil mellomlagrast i et området på toppen av gråbergsdeponiet. Mellomlageret vil etter avslutta gruvedrift hentast tilbake og mate prosessanlegget. Utforminga og drifta av gråbergsdeponiet tillata aktiv utkøyning til både gråberg og mellomlager samtidig (Figur 44). Grunna varigheita av mellomlageret vil det, i avfallssamanheng, behandlast som eit deponi på linje med gråbergsdeponiet. Totalt 16 sporelementanalyser og 8 Acid/Base-analyser (ABA) er gjort av trans-eklogitt for karakterisering (Tabell 23).

Tabell 23 - Oppsummering geokjemiske analyser for trans-eklogitt (malmlager)

Lithology	Antal prøver	NPR*	As	Cd	Cr tot	Cr (6+)	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
Trans-eklogitt	16	5,03	0,8	0,1	26	<0.3	32	27	7,1	126	0,01
Grenseverdi		3	8	1,5	50	2	100	60	60	200	1

* 8 prøver er analyser for NPR

Sidan nivået av tungmetall i trans-eklogitten ligger under normverdiene og syrenøytraliseringspotensiale er under grensa for inertklassifisering er det ikkje forventa at trans-eklogitten vil føre til sur avrenning med tilhøyrande utlekking av tungmetall.



Figur 44 - Illustrasjon av gråbergsdeponiet med malmlager (ore) og gråberg (Waste rock)

5.4.3 Sediment i sedimentasjonsbassenget

Sedimentasjonsbassenget vil innehalde materiale både frå dagbrotet (finpartiklar frå boring og sprenging) i tillegg til finpartiklar frå gråbergsdeponiet. Materialet frå sedimentasjonsbassenget er anslått å ha samansetning som vist i Tabell 24. Tabell 24 viser også den geokjemiske karakteristikken av materialet i sedimentasjonsbassenget. Sedimenta er forventa å ha noko forhøgja verdiar av krom, men dette er ved analyse bestemt til å være trivalent krom og vil derfor ikkje utgjere ein miljørisiko. Dei resterande tungmetalla er under grenseverdiane. Kopla med ein NPR på over 9 er det ikkje noko som tilseier at sur avrenning med tilhøyrande utlekking av tungmetall vil førekomme frå sedimentasjonsbassenget. I tillegg er utlekkingsforsøk gjort på leuco-eklogitt, amfibolitt (Sjå Kapittel 5.4.1) og ferro-eklogitt (Sjå Kapittel 5.4.4 for utlekkingsforsøk i sjøvatn), og alle dei testa litologiane (som byggjer opp innhaldet i sedimentasjonsbassenget er langt under grenseverdiane for inert med tanke på utlekking).

Tabell 24 - Samandrag over samansetning og geokjemiske eigenskapar for materialet i sedimentasjonsbassenget

Lithology	Andel sedimentasjonsbasseng	Average NPR	As	Cd	Cr tot	Cr (6+)	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
Ferro-eklogitt	30,5	4,1	0,5	0,1	22	-	29	16	3,0	137	0,01
Trans-eklogitt	30,5	5,0	0,8	0,1	26	<0,3	32	27	7,1	126	0,01
Leuco-eklogitt	34,1	6,4	1,3	0,1	109	<0,3	47	104	7,4	113	0,01
Amfibolitt	4,1	6,0	1,7	0,2	509	<0,3	81	203	6,9	117	0,01
Alternerande	0,2	7,3	1,2	0,1	64	<0,3	41	54	14,4	84	-
Gneis	0,6	674,7	0,7	0,1	28	<0,3	22	14	21,1	55	-
Sedimentasjonsbasseng		9,3	0,9	0,1	73,1	<0,3	38,0	57,3	6,0	123,9	0,0
Grenseverdi		>3,0	8	1,5	50	2	100	60	60	200	1

5.4.4 Avgang frå prosessering av malm

Avgang frå mineralprosesseringa består av knust og malt eklogitt som har vore gjennom fysisk separasjon for å skilje ut eit rutil- og granatkonsentrat. Om lag 15% av malmen takast ut som salbare produkt. Med utgangspunkt i ein driftsmodell med eit uttak på 1.500.000 tonn per år vil dette utgjere eit deponeringsbehov på ca. 1.300.000 tonn per år.

Mineralogisk og kjemisk samansetning

Sidan trans-eklogitt blir langtidslagra på malmlageret er karakteriseringa av avgangen basert på ferro-eklogitt som vil være malmpågang til prosessanlegget de første 30 årene. Avgangen vil i stor grad ha same mineralogiske og kjemiske samansetning som pågangen til mineraloppredningsverket.

Tabell 25 viser mineralogisk samansetning for avgang danna frå prosessering av ferro-eklogitt.

Tabell 25 - Oversikt typisk mineralogi i avgang

Mineral	Vekt% i avgang
Omfasitt (Klinopyroksen)	40-45
Granat	30-35
Amfibol	5-10
Kvarts	5
Glimmer	2
Rutil	1
Andre mineral (typisk silikat)	5

Totalt er 16 prøver av ferro-eklogitt analysert for sporelement (Tabell 26). I tillegg er 10 prøver analysert for syrenøytraliseringspotensiale (NPR). Resultata viser at innhald av tungmetall i avgangen er under normverdiene for samlede metall og en NPR over 3 viser at avgangen ikkje har potensial for å danne syre. Analysane viser at det er låg risiko for utlekking av tungmetall og sur avrenning frå malm og avgang.

Tabell 26 - Oppsummering av sporelementanalysar (inkludert ein sikkerheitsfaktor på 1.25) og NPR for avgang generert frå ferro- og trans-eklogitt

Kjelde for avgang	NPR	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
Avgang frå Ferro-malm*	4,1	0,6	0,2	28	36	21	3,8	171	0,0
Grense for inertklassifisering	3,0	8,0	1,5	50	100	60	60,0	200	1,0

Analysane er basert på prøver av ferro-eklogitt. Det er konservativt antatt at alt av tungmetall følger avgangen og alle verdiar er multiplisert med ein faktor 1.25 for oppkonsentrering.

Utlekkingstestar

For å bekrefte at tungmetallar frå avgangen ikkje kan lekke ut i miljøet vart det i tillegg gjennomført utlekkingstestar. Malmprøver med ulik gehalt for TiO₂ har blitt testa i

samsvar med SIS-CEN/TS 14405 av ALS. Utlekkingsforsøka vart gjort i sjøvatn henta frå båt utafor Florø (som ligg rett vest for Vevring). Tabell 27 gir ei oversikt over utlekkingsstarbeidet for dei ulike malmprøvene. Resultata viser at utlekkinga er svært låg, typisk 10-50 gargar lågare en grenseverdiane gitt i avfallsforskrifta Kapittel 9.

Tabell 27 - Resultat frå utlekkingsforsøk (perkolasjon/kolonnetest) av 3 malmprøver av ulik gehalt av TiO₂. Alle analysane er gjort i sjøvatn

Analyse på utlekkingsvatn	L/S = 0.1 kg/l. Alle analysene er oppgitt i mg/l utlekkingsvatn			
	Grenseverdi	4.63 % TiO ₂	3.72% TiO ₂	2.82% TiO ₂
As	0,06	0,002	0,001	0,001
Ba	4	0,227	0,362	0,283
Cd	0,02	0,001	0,0006	0,0004
Cr	0,1	<0,0005	0,001	<0,0005
Cu	0,6	0,011	0,074	0,006
Hg	0,002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
Mo	0,2	0,016	0,022	0,044
Ni	0,12	0,008	0,003	0,006
Pb	0,15	0,020	0,003	0,005
Sb	0,1	0,002	0,003	0,003
Se	0,04	<0,003	0,003	<0,003
Zn	1,2	0,235	0,153	0,148
Cl*	460	12500	13200	13000
F	2,5	<1	<1	<1
SO₄*	1500	1790	1960	1810
DOC	160	10	11	11

**Verdiane er ikkje relevante fordi sjøvatn naturleg inneheld forhøgja konsentrasjonar av Cl og SO₄*

Basert på dokumentert geokjemisk samansetning av malm/avgang, samt utlekkingsstar kan det konkluderast med at avgang frå mineralprosesseringa på Engebø er inert.

Tilsetningstoff

Tilsetningstoff nyttast i flotasjonsprosessen for å reinse rutilproduktet og i fortjukkar for å attvinne ferskvatn. Tre reagentar vil bli brukt i mineralprosesseringa; Magnafloc 5250, Sodium Isobutyl Xanthate (SIBX) og polypropylen glykol (DowFroth 400). SIBX og DowFroth 400 blir brukt i ein mindre flotasjonskrets for å skilje rutil frå pyritt medan Magnafloc 5250 skal brukast for gjenvinning av prosessvatn.

Tabell 28 gir ein oversikt over de ulike tilsetningsstoffa, formål og tillat mengde slik gitt i utleppsløyve for Engebøprosjektet.

Tabell 28 - Oppsummering av prosesskjemikalier

Kjemikalie	Formål	Forbruk (tpa)
Magnafloc 5250	Flokkuleringsmiddel	4
Sodium Isobutyl Xanthate (SIBX)	Flotasjon (Samlar)	2
Polypropylene glykol	Flotasjon (Skummar)	3

5.5 Innhald av asbest

Det stillast ikkje spesifikke krav til karakterisering av asbest i avfallet i samsvar med avfallsforskrifta. Sidan asbest kan utgjere en helseisiko, spesielt i form av luftboren støv, er det gjennomført asbesttestar for å undersøke potensielt innhald.

SINTEF (2016 og 2021) har gjennomført en rekke analyser av asbest innhald for ulike malm og gråbergslitologiar. Resultata frå analysane er gitt i Tabell 29. Et målbart innhald av asbest er funne i to prøver, men i konsentrasjonar som er langt under grensa for definert asbestinnhold (1 %) og grensa for krav til markering (0,1 %). Analysane viser at det ikkje er forbundet nokon helseisiko med omsyn til asbest for malm eller gråberg.

Tabell 29 - Oppsummering analyser av asbest i gråbergslitologiar

Litologi	Antal prøver	Vekt Asbest-fiber	Vekt ikkje-asbestforme fiber
Ferro-eklogitt	1	0,00	0,01
Trans-eklogitt	5	0,00	0,02
Leuco	3	0,00	0,02
Amfibolitt	3	0,01	0,07
Gneis	3	0,00	0,01
Alternerande	3	0,00	0,05

5.6 Innhald av mikroplast

Det stillast ikkje spesifikke krav til karakterisering av mikroplast i avfallsforskrifta. Dette kan vere ein type avfall som kan gjere skade i havmiljø. Mikroplast er definert som plast i storleik frå 0,05mm til 5mm. Mikroplast i havet stammer særleg frå maritime virksomheiter, som akvakultur, shipping, kloakkreinseanlegg og diverse utslepp langs kysten. Plasten vil bli i havmiljøet i lang tid på grunn av langsam nedbryting med liten lyspåverking, kjemisk og fysisk nedbryting.

Som del av Mareano (2018)-prosjektet har man i 2017 gjennomført eit pilotprosjekt for å undersøke korleis situasjonen er i norske hamneområde. Pilotprosjektet viste at det finnast mikroplast i alle dei 10 stasjonane langs kysten av Noreg med flest antal partiklar i prøver frå Norskehavet og avtakande antal partiklar jo lenger nord ein gjekk.

Ei studie som vart gjennomført av DNV og NGI (2022) visar at konsentrasjonen av mikroplast er betydeleg høgare i kystnære områder samanlikna med ute på havet. Prøver vart tatt ved ulike stasjonar i fjordar (4 stykk) og ute på opent hav (12 stykk). Undersøkinga visar at menneskeleg aktivitet har ein signifikant påverknad på innhald av plast i biotaen. Undersøkinga viser at ein i fjordane har ein middelvei av 6132+/-

5537 mikroplast partiklar per kg tørrvekt sediment. Nordgulen i Sogn og Fjordane vart undersøkt i denne studien og der vart det registrert 1294 mikroplast-partiklar per kg tørrvekt sedimentet

For Engebøprosjektet er undersøkingar planlagd for å undersøke andelen plast i botnsedimenta i fjordområdet innan oppstart av drift. Bedrifta har også igangsett ein berekning av potensiell mengde plast i avgangsmassar basert på sprengstoffrestar og slitasje av installasjonar og avgangsrøyr. Det skal utarbeidast rutinar for overvaking og tiltak for å minimere plast som kjem inn i prosessen og som potensielt kan hamne i fjorden.

5.7 Samandrag av beskriving av avfall

Gråberg, avgang, sediment i sedimentasjonsbasseng, samt malmprøver har blitt karakterisert i samsvar med avfallsforskrifta. Tabell 30 sumerar klassifiseringa av avfallet.

Tabell 30 - Oppsummering av avfallsklassifikasjon for mineralavfall frå Engebøprosjektet

Avfallstype	Klassifisering	Deponi
Gråberg	Inert, ikkje-farleg	Gråbergsdeponi
Sediment i sedimentasjonsbasseng	Inert, ikkje-farleg	Sedimentasjonsbasseng
Malmlager	Inert, ikkje-farleg	Gråbergsdeponi
Avgang frå mineraloppredning	Inert, ikkje-farleg	Sjødeponi

6 KLASSIFISERING AV AVFALLSHÅNDTERINGSANLEGG

6.1 Klassifisering av områder for lagring av avfall

Ifølgje definisjonane i Kapittel 17 i avfallsforskrifta er eit avfallsdeponi eit område på land, i sjøen eller i eit vassdrag som brukast til oppsamling eller deponering av avfall, enten i fast form, væskeform eller suspendert i ei væske (typisk vatn). Området er berre anset som eit avfallshandteringsanlegg dersom eitt av kriteria under er oppfylt

- Området blir over tre år brukt til lagring av *inert avfall*.
- Området blir over eitt år brukt til lagring av *ikkje-inert, ufarleg avfall*.
- Området blir over seks månadar brukt til lagring av plutseleg oppstått *farleg avfall*.
- Området er klassifisert som eit «deponi for risikabelt avfall» eller brukt til planlagt lagring av *farleg avfall*.

Basert på definisjonen over er områda som faller inn under definisjon for som avfallshandteringsanlegg for Engebøprosjektet: gråbergsdeponiet (inkludert malmlager og sedimentasjonsbasseng) og sjødeponiet.

6.1.1 Definisjon av eit risikoanlegg (Kategori A avfallsanlegg)

I følgje avfallsforskrifta skal et anlegg definerast som eit risikoanlegg dersom anlegget kan forårsake en større ulykke. Eit risikoanlegg er den norske ekvivalenten til eit kategori A avfallsanlegg i EU sitt avfallsdirektiv. Eit avfallsanlegg klassifiserast som eit risikoanlegg på grunnlag av:

- Vurdering av om svikt eller feildrift kan forårsake ei større ulykke
- Innhald av farleg avfall
- Innhald av farlege stoff eller stoffblandingar

I følgje avfallsforskrifta kapittel 17 vedlegg III skal eit anlegg klassifiserast som et risikoanlegg dersom ei risikovurdering viser at svikt som følgje av tap av strukturell integritet eller feildrift kan forårsake ei større ulykke. Med større ulykke meinast ei hending som på kort eller kan sikt kan medføre:

- Ikkje-neglisjerbar fare for tap av menneskeliv
- Alvorleg fare for menneskers helse, herunder at menneske påførast skader som medfører handikap eller langvarige helseproblem
- Alvorleg fare for miljøet

Basert på definisjonane i Kapittel 17 vedlegg III har følgjande blitt brukt til å støtte vurderinga av risikoanlegg:

- Svikt eller feildrift ved eit avfallsanlegg skal ikkje ansjåast å medføre ikkje-neglisjerbar fare for tap av menneskeliv eller alvorleg fare for menneske si helse dersom de menneske som kan bli påverka, med unntak av dei som er tilsett ved anlegget, ikkje forventast å opphalde seg permanent eller i lengre periodar i det området som kan bli påverka
- Svikt eller feildrift ved eit avfallsanlegg skal ikkje ansjåast å medføre alvorleg fare for miljøet dersom eventuell forureining minkar kraftig innan kort tid, svikten ikkje førar til permanente eller langvarige miljøskadar, eller det påverka miljøet kan gjenopprettast gjennom ein mindre oppryddings- og gjenopprettingsinnsats

6.1.2 Vurdering av et risikoanlegg

Tabell 31 gir ei oppsummeringa av ei risikovurdering av alle avfallsanlegga knytt til Engebøprosjektet. Denne risikovurderinga er gjort for å sikre at avfallsanlegga er designa for å oppfylle følgjande, overordna mål:

- Krevjar minimal, og dersom mogleg ingen, overvaking, kontroll eller styring etter avslutta drift.
- Forhindrar, eller minimera, eventuelle langsiktige, negative påverknadar som for eksempel frå spreing av luft- eller vassboren forureining frå avfallsanlegget.
- Sikre den langsiktig, geotekniske stabiliteten til eventuelle demningar og haugar som strekker seg opp over opphavleg topografi.

Risikovurderingane vurderer potensielle kjelde-, veg- og reseptorkoplingar som kan oppstå ved kvart av avfallsanlegga i tillegg til handteringstiltaka som skal setjast i verk for å minimere risikoen for menneskes helse og for miljøet.

Følgjande, potensielt sensitive reseptorar har blitt identifisert og vurdert:

- Kontrollert vatn og vassmiljøet
- Atmosfære
- Land/grunn/geologi
- Menneske
- Økologiske reseptorar

Risikovurderingane har tatt omsyn til risikoane knytt til følgjande, potensielle farar:

- Stabiliteten til det endelege gråbergsdeponiet og ytre skråningar knytt til sedimentasjonsbassenget
- Hydrogeologi (Grunnvatn)
- Hydrologi (Overflatevatn)
- Støv
- Leire på vegar
- Støy og vibrasjon
- Ulykker med tilhøyrande konsekvensar (brann, søl, lekkasje, tryggleik og hærverk)

Tabell 31 - Risikovurdering av dei ulike avfallsanlegga knytt til Engebøprosjektet. Risikovurderinga er utført av SRK, UK

Avfallsområdet	Lagringstid	Type materiale	Avfallsanlegg (Ja/Nei)	Risikoanlegg (Ja/Nei)
Gråbergsdeponi	> 3 år	Inert, ikkje-farleg	Ja	Nei
• Sedimentasjonsbasseng	> 3 år	Inert ikkje-farleg	Ja	Nei
• Malmlager	> 3 år	Inert ikkje-farleg	Ja	Nei
Sjødeponi	> 3 år	Inert ikkje-farleg	Ja	Nei

Basert på risikovurderinga og definisjonane og kriteria i vedlegg III i Kapittel 17 er ingen av deponia for Engebøprosjektet klassifisert som risikoanlegg klasse A.

7 DESIGN OG DRIFT AV GRUVEAVFALLSANLEGG

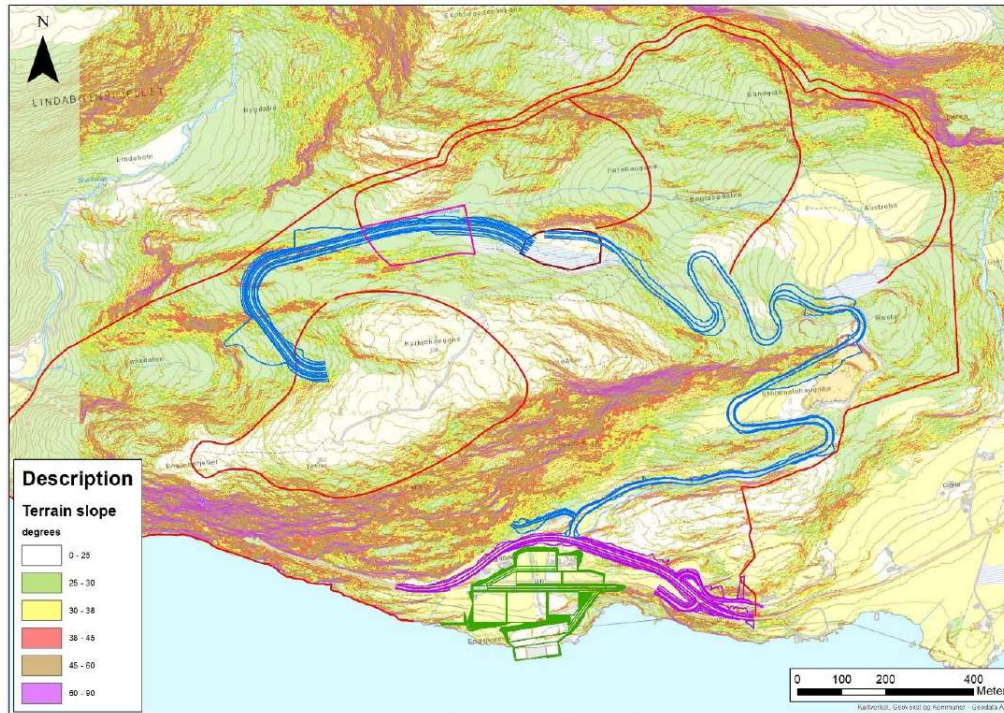
Denne delen av avfallshandteringsplanen vil beskrive design, oppbygging og drift av gråbergsdeponiet (inkludert sedimentasjonsbasseng og malmlager) og sjødeponi. Stenging av anlegga er beskrive i Kapittel 8.

7.1 Gråbergsdeponi

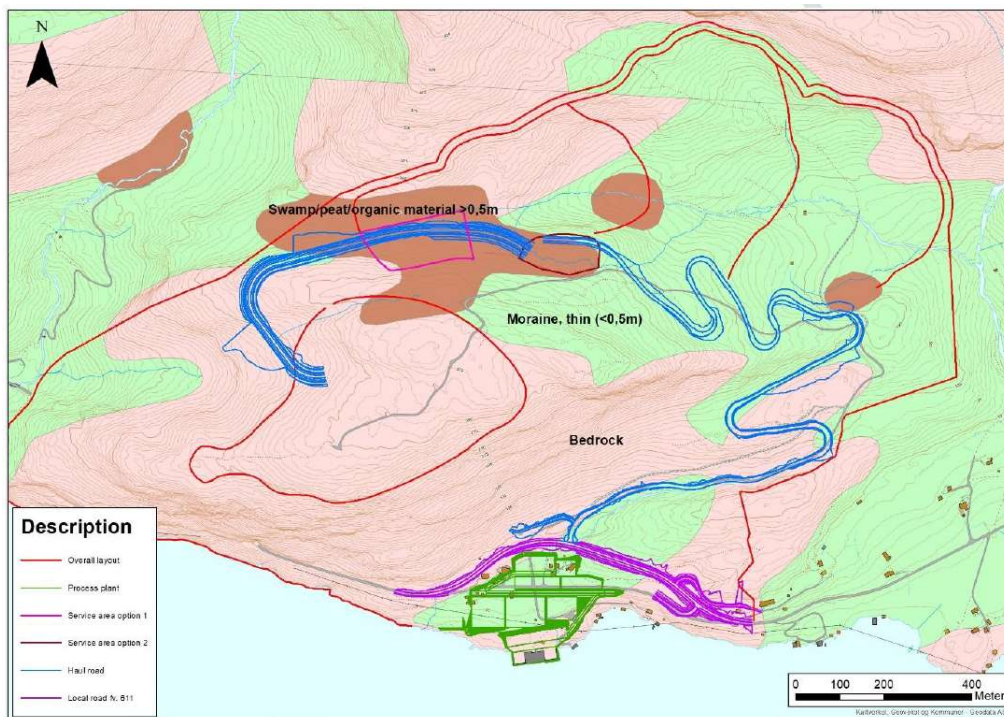
Gråbergsdeponiet er designa for å kunne romme om lag 9,2 millionar m³ (19,7 millionar tonn) gråberg og 5,5 millionar m³ (11,7 millionar tonn) malm. Dette er betydeleg meir enn 18,9 millionar tonn gråberg og 7,9 millionar tonn malm som ligg inne i driftsplanen. Overkapasitet er lagt inn for å ha ein margin i tilfelle avvik frå designkriteria. Design av gråbergsdeponiet og stabilitetsberekningar er utført av Asplan Viak (2022a, 2022c) basert på data frå det oppdaterte moglegheitsstudiet for Engebøprosjektet. Vurderingar gjort i høve førebuing av områda for deponering og avslutting er gjort i samarbeid med Asplan Viak.

7.1.1 Undersøking av grunnforhold og overdekke

Undersøkingar av grunnforhold er utført av Asplan Viak (2018). Geomorfologisk er Engebø typisk for det vestnorske landskapet med bratte fjell, djupe fjordar og eksponert fjell (Figur 45). Engebøområde består hovudsakeleg av eksponerte blotningar eller tynt (<0,5 meter) morenelag samt mindre myrområde (Figur 46).



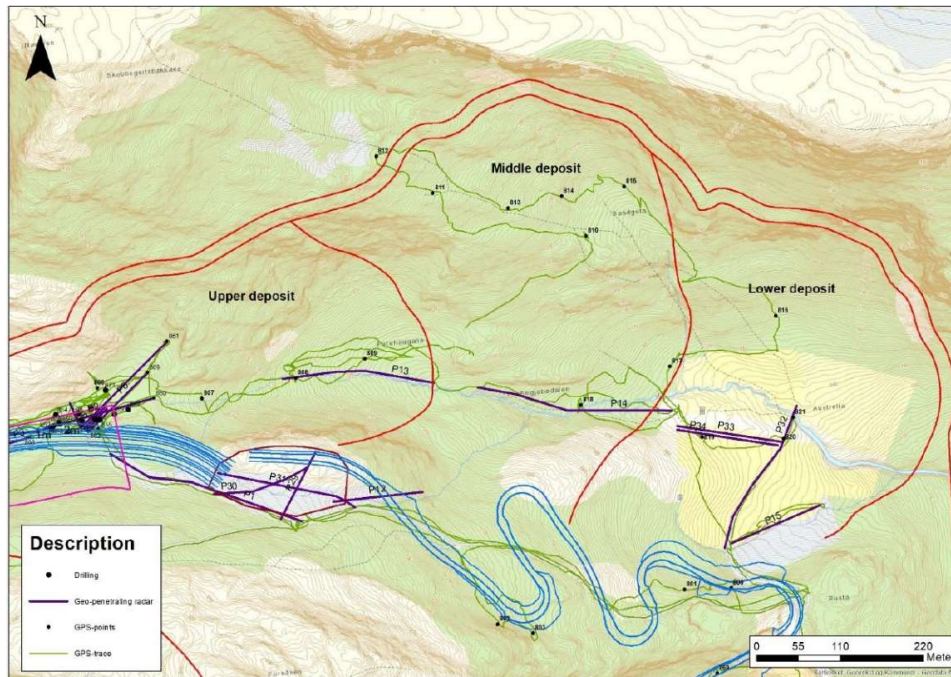
Figur 45 - Terrengekart over Engebøområde



Figur 46 - Lausmassekart over Engebøområde

Figur 47 under er prosjektområdet vist i områdegrens (raudd), vegar (blått), prosessområde (grønt) og serviceområde (lilla).

Området for gråbergsdeponiet er delt inn i tre områder (øvre, midtre og nedre del, sjå Figur 47). Det er utført boring og undersøkingar med radar i dei ulike områda.



Figur 47 - Oversikt over inndeling av område for gråbergsdeponi

Øvre del

Mesteparten (om lag 75%) av det øvre området er dominert av bratt terreng med eksponert grunnfjell eller eit tynt morenelag. Det resterande området (om lag 25%) er flatare og består av eksponert grunnfjell (særleg i nord), nokon stader dekt av opp til 2 meter overdekke.

Midtre del

Dei bratte delane (om lag 75%) av består av vekslande soner med eksponert fjell og tynne lag morene/myrjord. Området der bekken renn er dekt av eit tynt lag (<2 meter) overdekke.

Nedre del

Dette området er flatare enn dei to områda over, og består av eit lite, brattare område i nord og eit større område med dyra mark (beitemark). Basert på undersøkingar er tjuknaden på overdekket vurdert til om lag 5 meter (typisk frå 3 til 9 meter).

Total inneheldt gråbergsdeponiområdet mellom 70 og 80.000 m³ myr/jord som heilt eller delvis må gravast av og lagrast før arealet blir beslaglagt av gråbergsdeponiet. Dette volumet vil seinare kunne nyttast til revegetasjonsformål.

7.1.2 Førebuing

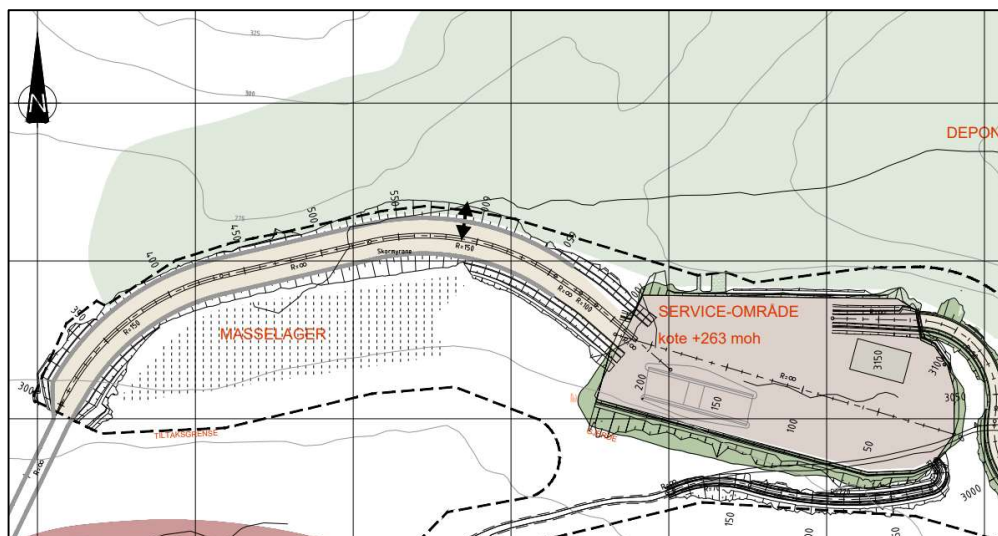
I førekant av etableringa av gråbergsdeponiet må underlaget (i Engjabødalen) førebust på følgjande måte:

- Fjerne trær og røter

- Fylle myrområde med grovt steinmateriale eller dekke til med geotekstil for å sikre tilstrekkeleg berekraft for undergrunnen
- Fjerning og oppbevaring av topplag/matjord for framtidig bruk

Det er estimert at ein stad mellom 10.000 og 13.000 grantre som må fellast før gråbergsdeponiet takast i bruk. Røtene må gravast opp, kvernast og leggest ut over grøntareal innanfor det regulerte området for nedbryting. Maksimal tjuknad på laget av oppkverna røter er om lag 20 cm for å hindre anaerob nedbryting.

I området for gråbergsdeponi er det berekna om lag 100.000 m³ med myr. Ved drenering vil volum av myra bli om lag 40.000m³. I førebuinga av gråbergsdeponiet vil ein kombinasjon av oppgraving av myr og fortrenking av myr ved steinfylling vurderast. Sistnemnde tilnærming vil være optimal med tanke på lagringsplass og låsing av CO₂ i myr, men det etablerast ein balanse for å sikre nok masser til revegetasjon. Eigna stad for lagring av (drenert) myr vil være i vest for planlagt serviceområde markert som masselager i Figur 48. Dette arealet vil kunne lagre opp mot 40.000 m³ drenert myr som er antatt å være tilstrekkeleg etter at oppgravd myr er drenert. Dersom myr lagrast i dette området vil avrenning frå området kunne ledast ned i sedimentasjonsbassenget.



Figur 48 - Eigna stad for lagring av drenert myr ,markert som masselager

Basert på dei geotekniske forundersøkingane i prosjektområdet er det estimert at om lag 77.000 m³ vekstjord vil gravast vekk frå deponiområdet, som kan lagrast til seinare bruk i for revegetasjon. Ved å dele opp lageret av vekstjord slik at noko av vekstjorda blir lagra på oppsida og noko på nedsida av gråbergsdeponiet sikrar ein at det er nok plass samtidig som at avrenning frå vekstjordsdeponia går til sedimentasjonsbassenget.

I tillegg til dei to nemnde kjeldene for myr/jord vil førebuing og opparbeiding av det resterande prosjektområdet gi om lag 35.000 m³. Totalt vil utgraving av prosjektområdet gi 150.000 m³ myr/matjord som kan brukast til revegetasjon for avslutning av gråbergsdeponi samt revegetasjon av gruvepallar og anna infrastruktur.

Kriteria for design

Gråbergsdeponiet er designa av ut frå plassering av totalt på 18,9 millionar tonn stein innafor det regulerte området. Samtidig som gråbergsdeponiet er aktivt skal det også leggest ut malm i eit mellomlager. Fordi malmen skal være tilgjengeleg for seinare bruk vil den deponerast på toppen av gråberget.

Designet av gråbergsdeponiet er basert på følgjande vilkår:

- Gråberg og malm har tyngde 3,3 tonn/m³ og har ein svellefaktor på 1,55
- Skal romme gråberg og malm i tråd med Tabell 17
- Gråbergsdeponiet skal byggjast innafor det regulerte området, og det skal være gjenværande plass til sedimentasjonsbasseng (nedanfor gråbergsdeponiet) samt mellomlager av matjord til revegetasjon
- Gråberg og mellomlager av malm må i tid og rom utplasserast på ein måte som gjer at mellomlageret kan utnyttast og ikkje blir låst av gråberget
- Malmlageret skal plasserast så nære dagbrotet som mogleg samt ligge på toppen av gråberget
- Gråbergsdeponiet skal være stabilt, og benkane skal maks være 1:1,25 (H:I) og 20 meter høge
- Malm må mellomlagrast slik at deponiet er stabilt også etter at malm er tatt bort
- Mellom benkane skal det være 12 meter breie bermar for å danne ei total, gjennomsnittleg helling på 1:1,5
- Bermar er i utgangspunktet designa flate, men i realiteten må dei byggjast med eit fall på 1:50 for å forhindre at overflatevatn blir liggande
- Utkøyring av gråberg og malm skal effektiviserast med tanke på utkøyringstid og dieselbruk
- Gråberg og malm kan maksimalt fyllast opp til kote 320 moh og innanfor området slik definert i reguleringsplan
- Endeleg utforming av gråbergsdeponiet skal passe inn i eksisterande terreng

Deponiet er designa for å, innafor kriterier, romme så mykje gråberg som mogleg på eit minst mogleg fotavtrykk.

7.1.3 Oppbygging av gråbergdeponiet og malmlager

Tabell 32 og Tabell 33 viser oppbygginga og utviklinga av høvesvis gråbergsdeponiet og malmlageret.

Tabell 32 - Beskriving av gråberget si oppbygging med undervolum

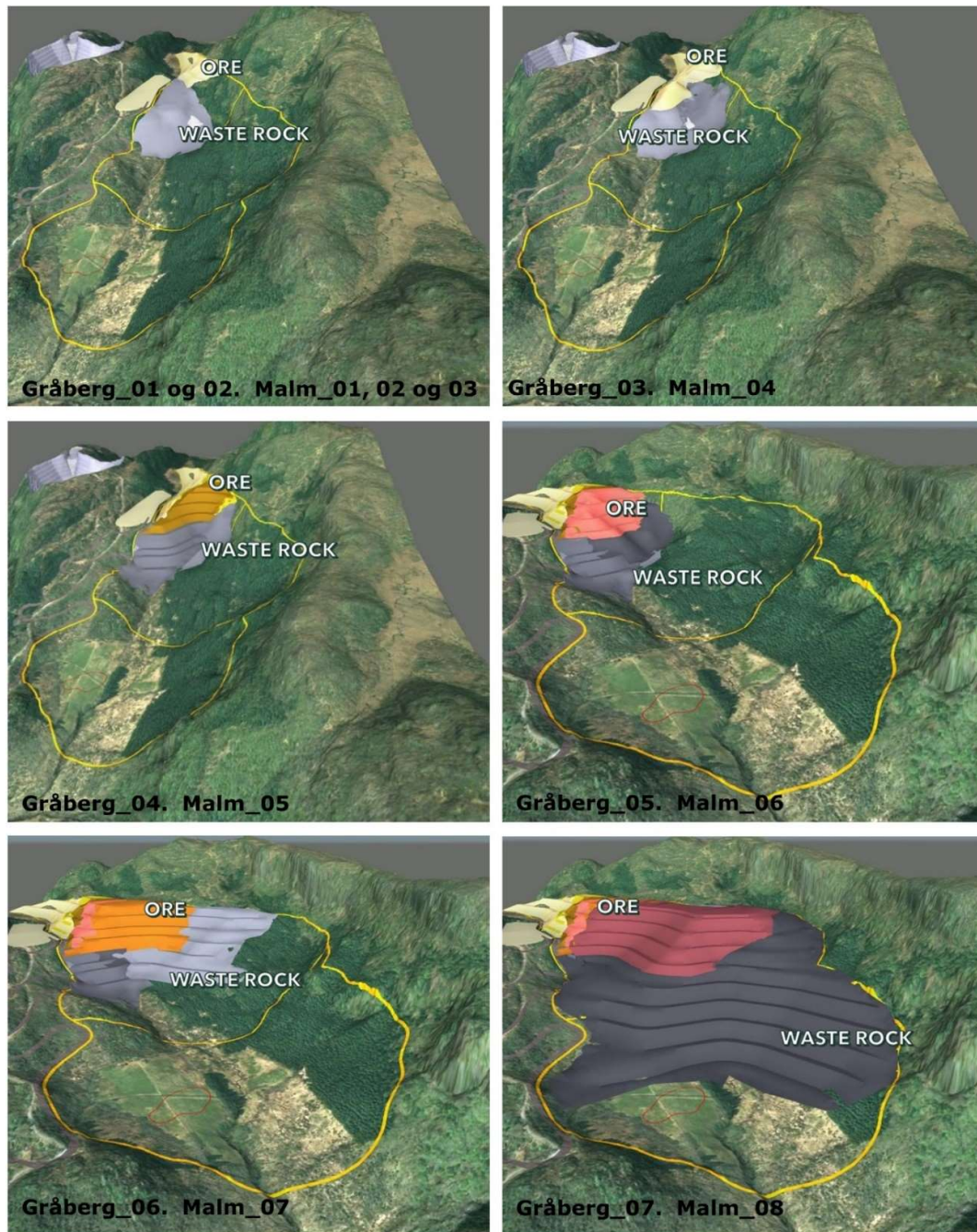
Gråbergs- modell	Beskriving	Volum (m ³)	Akkumulert volum (m ³)	% Av totalvolum
Gråberg_01	Sikre tilgang til gråbergsdeponiet frå serviceområdet	259 086	259 086	2,8
Gråberg_02	Byggje opp til kote 262 for lagring av malm på toppen	623 199	882 285	6,7
Gråberg_03	Byggje opp gråberg til ei ny overflate for lagring av malm. Gjer det mogleg å utvide Malm_1 og Malm_2. Byggje opp med grus i dalsida (nord) for å kunne legge ut malm ved sidan av, samtidig som ein kan legge ut gråberg på andre sida av ryggen seinare.	164 617	1 046 902	1,8

Gråberg_04	Utviding av platået for å kunne legge ut meir malm	390 000	1 436 902	4,2
Gråberg_05	Utviding av Gråberg_04 i horisontalplanet og oppover. Bruke så lite gråberg som mogleg for å utvide lagringsplassen for malm	316 300	1 753 202	3,4
Gråberg_06	Fortsetting av Gråberg_5 ved å legge ut gråberg nedover dalen samt opp i fjellsida i nord.	990 000	2 743 202	10,7
Gråberg_07	Ferdig utlagt gråbergsdeponi med maks lagring	6 500 000	9 243 202	70,3
	Total	9 243 202	9 243 202	100,0

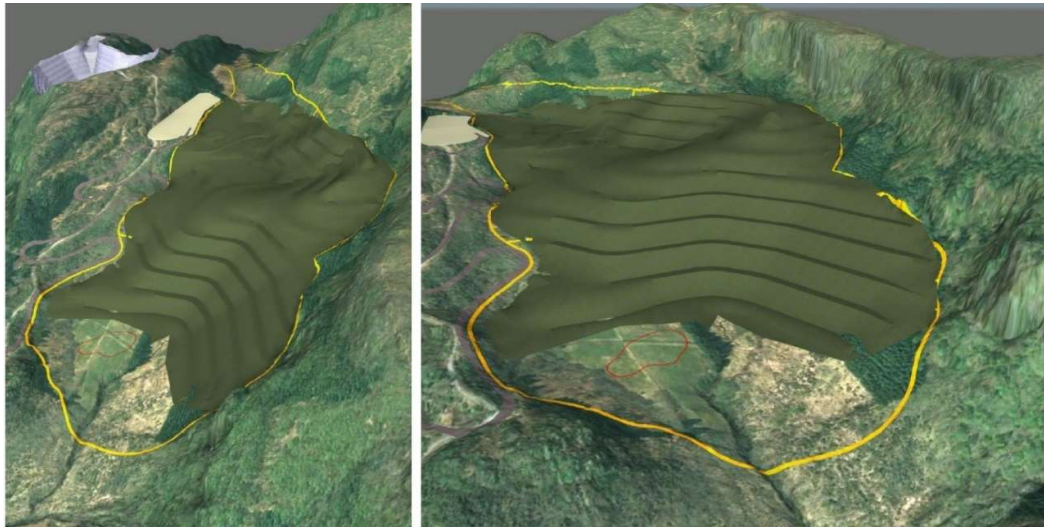
Tabell 33 - Beskriving av malmlageret si oppbygging og volum

Malmmodell	Beskriving	Volum (m ³)	Akkumulert volum (m ³)	% Av totalvolum
Malm_01	Legge ut malm langs vegen mellom serviceområdet og dagbrotet. Etablere ein margin for oppbygginga av gråbergsflater	455 000	455 000	8,2
Malm_02	Hjelpemodell. Viser kor mykje malm som kan lagrast på kote 262 i gråbergsmodellen Gråberg_02 samtidig som ein kan ha passasje rundt	120 000	575 000	2,2
Malm_03	Mellomlager oppå Gråberg_02, Malm_01 og Malm_02 (hjelpemodell).	145 000	720 000	2,6
Malm_04	Fortsette utlegging av malm på toppen av kote 275 i Gråberg_03	230 000	950 000	4,2
Malm_05	Utlegging av malm på kote 250 på toppen av Malm_04 og Gråberg_04	436 000	1 386 000	7,9
Malm_06	Utlegging av malm i forlenging av Malm_05. Byggje oppå Gråberg_05	525 000	1 911 000	9,5
Malm_07	Utviding av Malm_06	808 000	2 719 000	14,6
Malm_08	Maksimalt volum av malm på toppen av ferdig utlagt gråbergsdeponiflate	2 800 000	5 519 000	50,7
	Total	5 519 000	5 519 000	100,0

Figur 49 og Figur 50 viser oppbygging og utvikling av gråbergsdeponi og malmlager frå start til maksimal utfylling, og vidare uttak av malmlageret. Den endelege overflata til gråbergsdeponiet er 380.000 m². Steg 1 til 6 (for gråberg og malm) illustrerer dei første 7 åra av drift.



Figur 49 - Oppbygging og utvikling av gråbergsdeponi og mellomlager



Figur 50 - Oppbygging og utvikling av gråbergsdeponi og mellomlager

Slik Figur 49 illustrerer vil deponiet bli etablert frå toppen av Engjabødalen og vidare nedover med tiden. Gråbergstippene vil baserast på 'End of dumping' metoden (Figur 61) der skråningane på deponiet være aktive arbeidsflater under driftsperioden.

7.1.4 Stabilitet i gråbergsdeponiet

Ei vurdering av stabiliteten i gråbergsdeponiet er gjort av Asplan Viak (2022c) med utgangspunkt i gjeldande design. Skråningsvinkel for tipping av stein på gråbergsdeponiet er antatt å naturleg bygge seg opp med ein vinkel nær 1:1,25. For å gi tippene ei gjennomsnittshelling på rundt 1:1,5 vil det leggast inn bermar i fyllinga for å skape ei stabil og sikker totalhelling. Det skal tippast i 20 meters høgde mellom kvar benk. Nøyaktig høgde er ikkje detaljert, men 20 meter er i designet valt av praktiske omsyn med tanke på fyllingseffektivitet og sikkerheit.

Den maksimale hellinga i deponiet er gjort slakkare enn minstekravet i stabilitetsvurderinga. Stabilitetsberekning viser ein tryggleiksfaktor på 1,62.

Det er utført ei stabilitetsberekning for gråbergsdeponiet ved å bruke programvara Geosuite Stabilitet, med reknemodellen Beast 2003. I berekinga er det er valt å bruke parametarar for sprengstein frå NVE sin fyllingsveileidar. Friksjonsvinkelen er då spenningsavhengig. Oppfylling med grovspreng berg gir liten fare for oppbygging av poretrykk i massane. Det er vurdert som usannsynleg at frost kan føre til etablering av ispropp i gråbergsdeponiet sidan grov sprengstein raskt drenerer vatn ut av deponiet. Det er modellert med eit lågt nivå på poretrykk for normalttilstand, men det er også gjort ei berekning på eit høg nivå som ein ulykkestilstand.

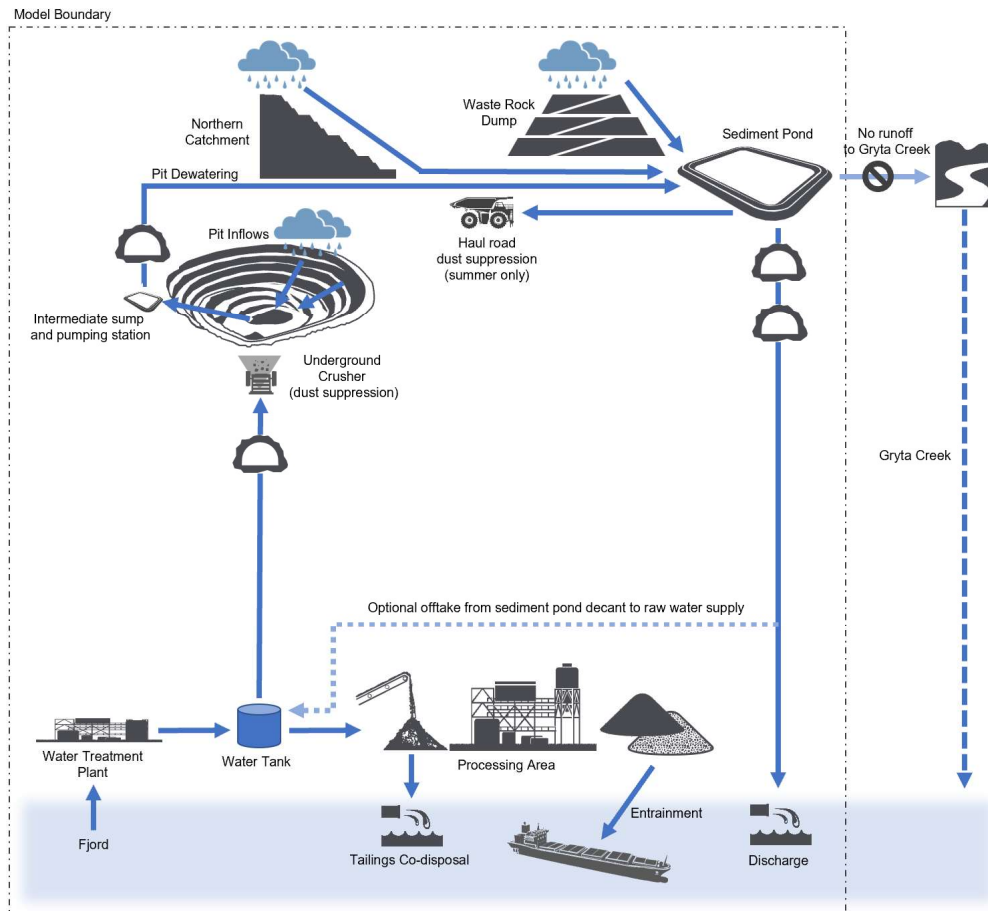
For normalttilstand viser stabilitetsberekninga ein sikkerheitsfaktor på 1,62, medan det med eit høgt (langt over det som er venta) poretrykksnivå viser sikkerheitsfaktor på 1,37.

7.1.5 Vassbalanse og tilsig

Etter krav i reguleringsplanen skal vatn frå gråbergsdeponiet og dagbrotet samlast opp i eit sedimentasjonsbasseng for å unngå påverknad av Gryta. Gryta er ei elv aust for prosjektområdet som får delar av vasstilførsla si frå eit nedslagsfelt der gråbergsdeponiet er planlagt. Reinsa vatn frå sedimentasjonsbassenget er planlagt å

leiaast vidare ut via grøft til fjorden ved prosessanlegget. Som vist i Figur 5 ligg det ein fjellrygg nord for gråbergsdeponiet som danner ei naturlig avgrensing til deponiområdet og begrensar mengda vatn som sig gjennom området. Frå fjellryggen og nordover ligg eit nedslagsfelt som ikkje berast av det regulerte deponiområdet. Sørsida av gråbergsdeponiet er avgrensa av eit serviceområde og tilkomstvegen opp til fjellet.

Figur 51 viser ei konseptuell skisse av vassbalansa (tilrenning og nedbør) i prosjektområdet og transport av vatn gjennom sedimenteringsdam og til sjø (SRK, 2023).



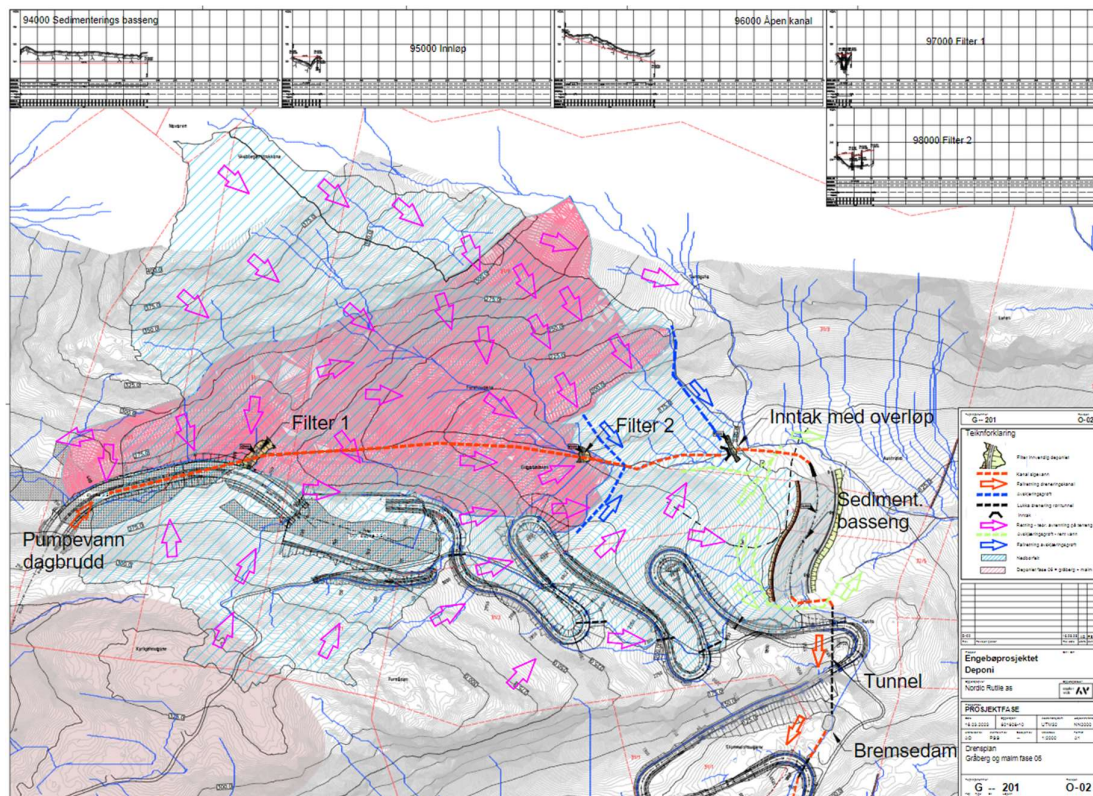
Figur 51 - Enkelt flytskjema over vassbalanse i prosjektområdet (SRK 2023)

SRK (2023) har, med hjelp av GoldSim, utvikla ein enkel predikativ vassbalansemodell (WBM) for Engebøprosjektet. Det arbeidet som SRK har gjennomført følger internasjonale gruvestandardar og ansjåast som beste tilgjengelege teknikk (BAT). Formålet med arbeidet var å samle informasjon frå tidlegare arbeid for å utvikle ein predikativ modell som beskriver kritisk vassføring i prosjektområdet. Modellen gir moglegheit for å sjå på forholda under ulike situasjonar som for eksempel ved ekstremvær både i form av tørke og flom. Modellen gir også grunnlag for å undersøke moglegheitene for å bruke vatn frå sedimentbassenget som prosessvann som eit alternativ til avsalting av sjøvatn som vil være energi- og kostnadsbesparande. Dette kan i framtida gje ei betre utnytting av vassressursar. Modellen vil også hjelpe til med

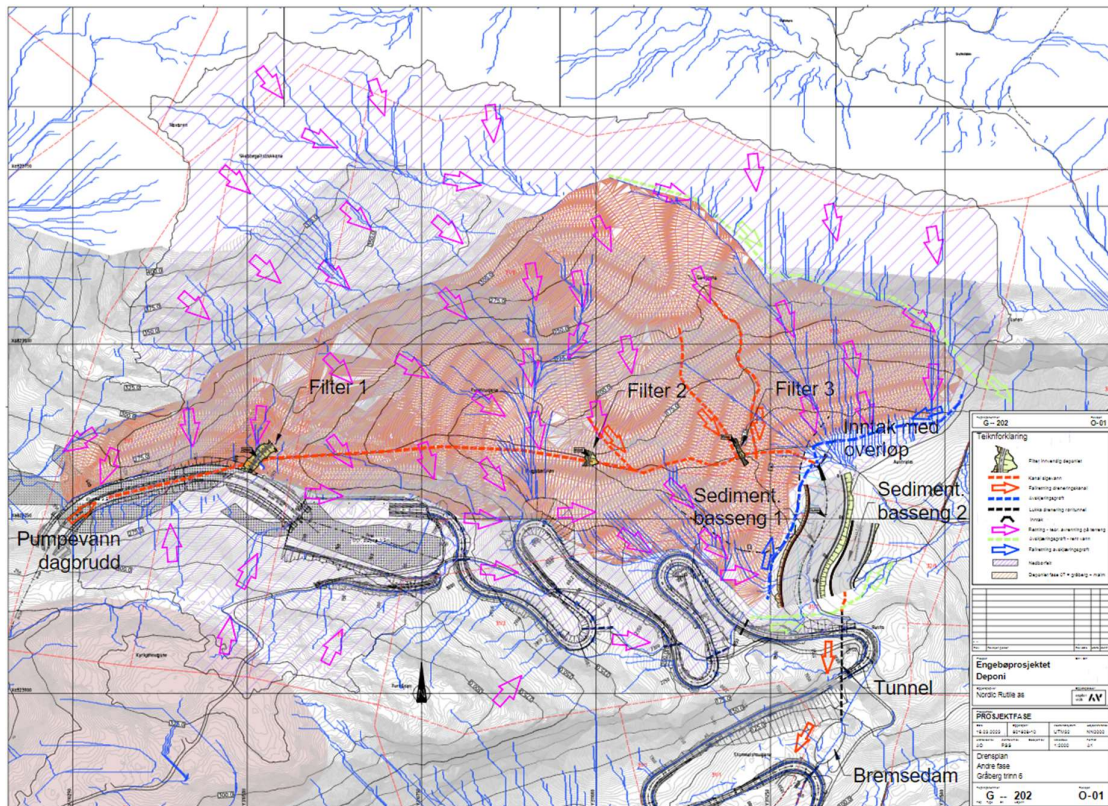
å undersøke potensialet for og konsekvensen av redusert vassstand i Grytelva under vissa forhold grunna eit redusert, effektivt nedslagsfelt til Grytaelva, og undersøke moglegheiten for å kompensere. Modellen skal verifiserast med faktiske måledata og vil anvendast som eit verktøy for vasshandtering under utbygging og drift av prosjektet.

7.2 Sedimentasjonsbasseng

Eit sedimentasjonsbasseng vil bli etablert nedstrøms i den austlege delen av det regulerte gråbergsdeponiet. Reguleringsplanen tillèt etablering av eit eller fleire sedimentasjonsbasseng. Eit konsept for plassering og utforming av sedimentasjonsbassenget vart utarbeida som del av byggeløytet for grunnarbeid og har seinare blitt vidareutvikla. Design av sedimentasjonsbasseng er basert på arbeid frå Asplan Viak (2022b og 2022d) og detaljering av bassenget er under utarbeiding i samarbeid med Asplan Viak og SRK. Målsetninga med sedimentasjonsbassenget er å samle opp og reinse vatn for partiklar frå gråbergsdeponiet ved at dei fell ut i sedimentasjonsbassenget. Tilnærma reint vatn frå bassenget kan vidareførast ned til prosessanlegget for bruk som prosessvatn eller utslepp til fjorden. Figur 52 og Figur 53 viser detaljsskisser for korleis bassenget er tenkt utforma og korleis tilsig og avrenning frå området enten leiast inn i bassenget eller utanfor. Vatn som ikkje har vore i kontakt med gråberg vil i størst mogleg grad bli leia utanom bassenget.



Figur 52 - Illustrasjon av planlagt dreneringssystem og inntak etter Gråberg_06 med fase 1 sedimentasjonsbasseng teikna inn

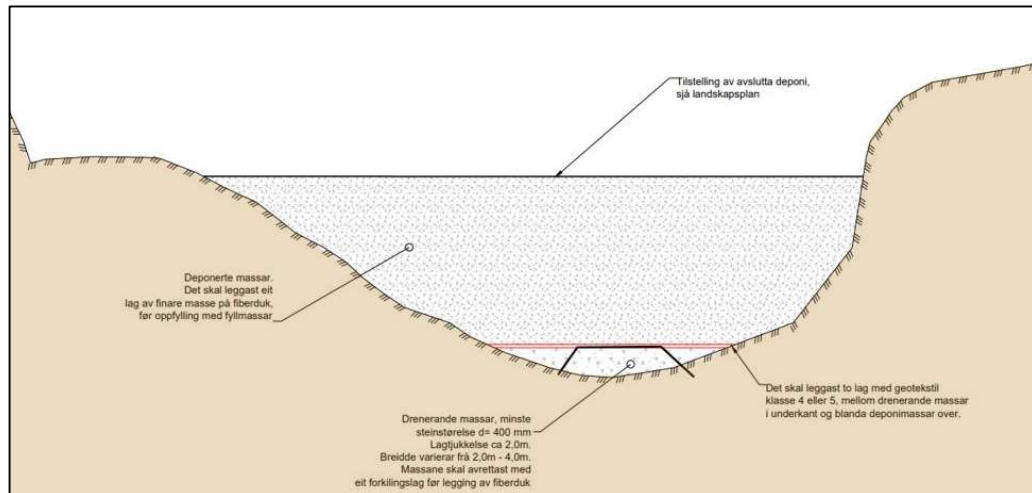


Figur 53 Illustrasjon av planlagt dreneringsystem og inntak etter Gråberg_07 med fase 2 sedimentasjonsbasseng teikna inn

Gråbergsdeponiet vil bli utbygd i to faser slik at det i første fase (tilsvarende 0-5 års drift) er ein mindre del av nedslagsfeltet i Engjabødalen som berørast og som difor leiast til sedimentasjonsbassenet. Dette nedslagfeltet utgjør 11% av det totale nedslagsfeltet til Grytaelva. I andre fase (5-14 års drift) berørast stordelen av nedslagsfeltet i Engjabødalen, og totalt 24% av nedslagsfeltet til Grytavassdraget. Pilane i skissene over viser korleis vatnet bevegar seg innanfor deponiområde og samlast opp i sedimentasjonsbassenet eller førast utanom området og vidare ned mot Grytavassdraget.

Upåverka vatn skal haldast separert frå det påverka vatnet og ledast forbi gråbergsdeponiet og vidare ned i Engjabødalselva som er ei sideelv til Grytaelva. Det påverka vatnet skal leiast til sedimentasjonsbassenet og gjennom ulike filter for å reinsast.

Den naturlege funksjonen til topografien og jordsmonnet skal utnyttast for å reinse og leie vatnet til sedimentasjonsbassenet. Når skog fjernast vil vegetasjonsdekket i Engjabødalen forblir inntakt og deponimassane skal leggast oppå. Vegetasjonen vil fungere som eit naturleg filter. Det skal også installerast filter på strategiske plassar i gråbergsdeponiområdet (Figur 54).



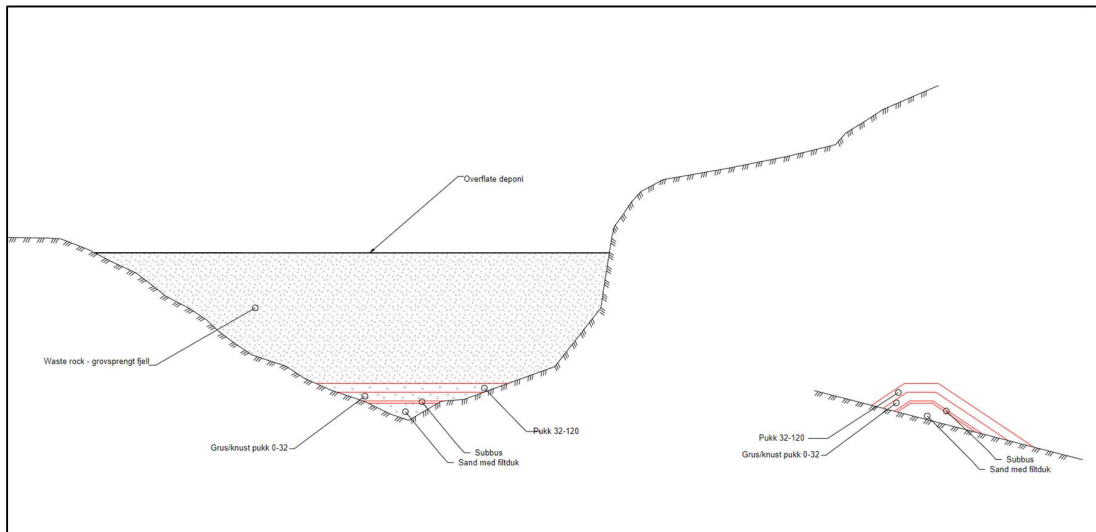
Figur 54 - Konseptskisse over dreneringssystem i botnen av gråbergsdeponi

Sedimentasjonsbassenget skal gravast og sprengast ned i topografien for å ikkje ha behov for ein demning noko som vil minimere risikoen for anlegget betrakteleg. Det blir lagt til grunn at detaljprosjekteringa skal imøtekomme krav for konsekvensklasse 0 i damsikkerheitsforskrifta (2009).

Gjennom detaljprosjektering av sedimentasjonsbassenget vil det være også være fokus på miljørisikoanalyse:

- Behov for sandfilter ved ekstremnedbør.
- Oppdeling av sedimentasjonsbassenget i eit gunstig antal soner/kammer.
- Reserveløysing for førehandsreinsing av vatn frå dagbrot.
- Behov for oljeskiljar.
- Frostsikring.
- Endeleg plassering i terrenget etter førebuande arbeid i terrenget.
- Detaljere avskjerande grøfter.

Figur 55 viser eit snitt gjennom sedimentasjonsbassenget slik det er tenkt plassert i terrenget. Sedimentasjonsbassenget skal plasserast slik at ein utnyttar berggrunn og topografi på ein gunstig måte.



Figur 55 - Snitt av skisse til sedimentasjonsbass

Sedimentasjonsbassenget er dimensjonert med omsyn til ulike flaumforhold (Tabell 34). I den første fasa kjem sedimentasjonsbassenget til å ha eit volum på 11.000m³ og samle inn vatn frå eit nedslagsfelt på 510.000m².

Tabell 34 - Sedimentasjonsbassenget sine dimensjonar for ulike fase

Fase	Sedimentasjonens kapasitet (m ³)	Nedslagsfelt (m ²)
0 til 5 år	11 000	510.000
5 til 14 år	22 300	860.000

Sedimentasjonsbassenget (Fase 1) er dimensjonert til å ta mot og reinse vassmassar for opp til 20 års flaum. Flaum mellom 20- og 200-årsflaum vil leiast i ein kanal utanfor sedimentasjonsbassenget og vidare ned til prosessanlegget og ut i fjorden. 200-årsflaum og større vil renne ut i Gryta (Figur 56).

Tabell 35 - Beskriving sedimentbassenget under Fase 1 og vilka kriterier den møter

Fase 1 33 ha (11% av Gryta nedslagsfelt) Klima faktor 1.3			
Intak	Kapasitet uppskattad (m ³ /s)	Nedbør hendelse	Riktning
Rør (1000 mm)	1,5	>100 år<200 år	Sedimentasjonsbasseng
Overløp	0,17	200 år	Gryta
Rør (800 mm)	0,9	>10 år <20 år	Sedimentasjonsbasseng
Avledning	0,9+0,6	20 år - 100 år	Engebø

Figur 56 er ei skisse som viser korleis vatn leiast inn bassenget og utanom bassenget under ekstremflaum. Etter at Fase 1 av sedimentasjonsbassenget er utbygd vil det utgreiast kor vidt det er naudsynt å utvide sedimentasjonsbassenget til Fase 2.

Tabell 36 viser dei antakelsane som er gjort som input til designet av sedimentasjonsbassenget. Under fase 1 kjem sedimentasjonsbassenget til å overvakast for å sikre at bassenget oppfyller måla som er sett med tanke på kvalitetar og kvantitetat. Overvåkinga kjem til å inkludere:

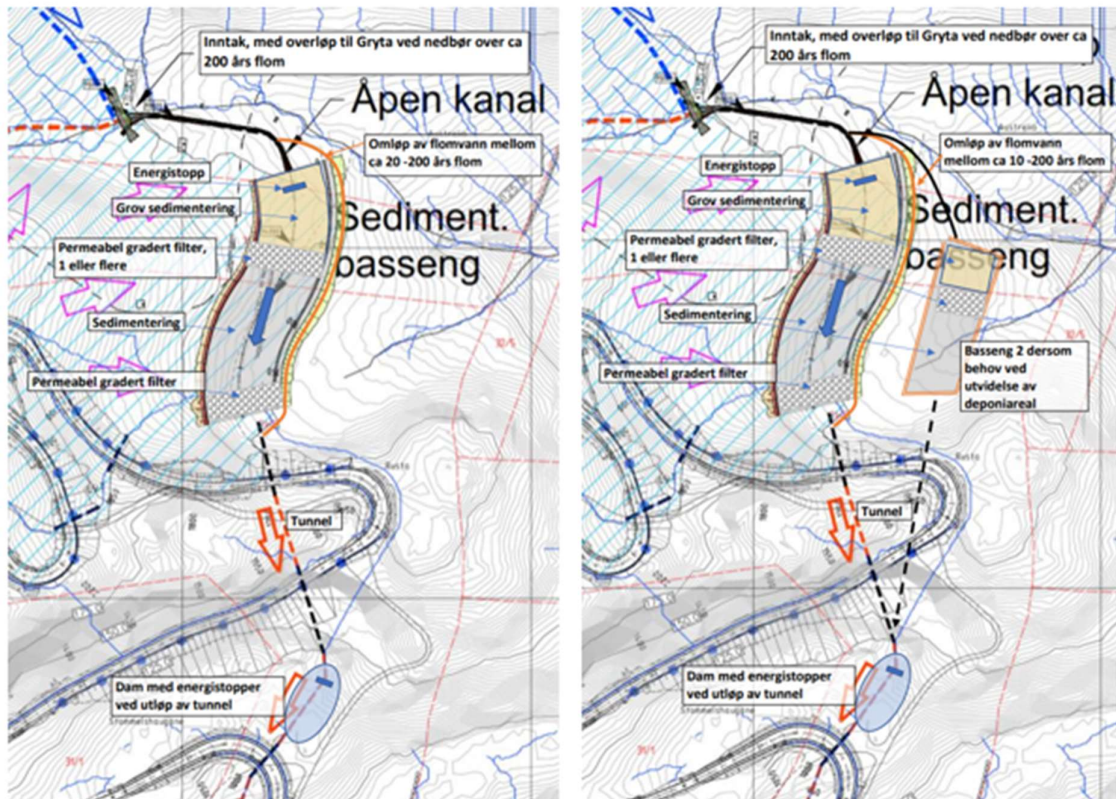
- Vassføring
- Vasskvalitet
- Sedimentasjonsrate

Tabell 36 - Beskriving av teoretiske opphaldstider og sedimentasjons hastigheit under dei ulike fasar

inn- /utstrøyming (m ³ /s)	kornstorleik (mm)	Fase 1		Fase 2	
		Opphaldstid (timar)	Sedimentasjons- effektivitet (%)	Opphaldstid (timar)	Sedimentasjons- effektivitet (%)
0,93	0,008	≈7	≈45	≈7	≈30
0,93	0,01	≈4,5	≈60	≈4,5	≈40
0,93	0,02	≈1,2	≈95	≈1,2	≈80

Etter at overvåkinga er gjennomført kjem bedrifta til å vurdere behovet for å anleggje Fase 2 av sedimentasjonsbassenget. Det er viktig å påpeike at faktisk utbreiing av gråbergsdeponiet, som for eksempel avhenger av eventuell avhending av gråberg, spelar inn på vurderinga av om sedimentasjonsbassenget går til Fase 2. Dersom avhending av gråberg er betydeleg (sjå Kapittel 4) er det truleg ikkje behov for å gå vidare til Fase 2.

Dersom sedimentasjonsbassenget blir bygd ut til Fase 2 kjem det endelege bassenget til å ha eit volum på 22.300 m³ og samle opp vatn frå eit nedslagsfelt på 860.000 m² (Figur 56). Sedimentasjonsbassenga (Fase 1 + Fase 2) blir designa til å ta mot nedbør opp til ein 10-årsflaum innafor heile nedslagsfeltet. Nedbør mellom 10- og 200-årsflaum skal leiast i kanal ned til prosessområdet medan nedbør over 200-årsflaum leiast til Grytaelva (Figur 56). Som beskrive i Kapittel 4 ansjår Nordic Rutile det som truleg at store delar av gråberget vil kunne avhendast over tid. Dette vil redusere det langsiktlege behovet for eit stort (Fase 2) sedimentasjonsbasseng.



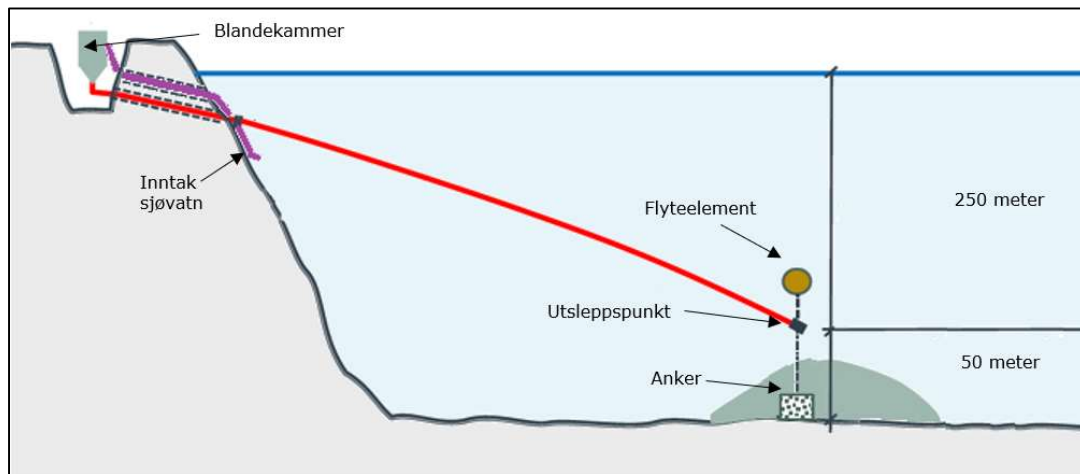
Figur 56 - Den konseptuelle designen av sedimentasjonsbassenga med dimensionerende flom og design ideer. Venstre figur beskriver fase 1. Den høgre figuren beskriver fase 2.

7.3 Sjødeponi

Cowi er ansvarleg for design, detaljplanlegging og byggeoppfølging av utleppsarrangementet på Engebø. Systemet blir og verifisert av uavhengig tredjepart. Ei skjematisk oversikt over sjødeponiet og utleppssystemet er vist i Figur 57. Utleppssystemet består av tre hovudkomponentar:

- Blandetank
- Avgangsrøyr
- Returpumpe for sjøvatn og tilhøyrande røyr

Våt og tørr avgang frå prosessanlegget samt sjøvatn frå om lag 100 meter djup blir blanda saman i en blandetank. Sjøvatn blandast inn for å sikre at avgangen får stabil temperatur og salinitet som gir tilstrekkeleg massetettleik for å sikre effektiv sedimentering av utleppsplumen. Blandetanken er også designet for å sikre at luft ikkje følgjer med ned i avgangsrøyrret som kan skape oppdriftseffektar. Dette sikrar ei kontrollert deponering på fjordbotn på 300 meters djupne. Avgangsrøyrret er eit samanhengande, 385 meter langt HDPE-røyr forankra slik at utleppspunktet ligg maksimalt 50 meter over fjordbotn som ligg på 300 meter.



Figur 57 - Skisse for utslippsarrangement

Avgangen (avgang blanda med sjøvavn) førast ved hjelp av tyngdekraft, gjennom avgangsrøret med ein estimert strømningshastigheit på om lag 4m/s, og ein materialkonsentrasjon på 5% (COWI, 2019).

Utsleppsløyvet definerer, saman med reguleringsplanen, eit 3-dimensjonalt område som regulerer partikkelkonsentrasjonar og sedimentering knytt til fjorddeponiet Figur 4. Partikkelkonsentrasjonar og sedimentasjon utanfor deponiområdet og/eller 40 meter over utsleppspunktet, kan ikkje overskride gitte konsentrasjonar. Grenseverdiane er sett basert på konservative nivå slik at det ikkje skal førekomme effektar på marint liv utanfor det regulerte området. Konsentrasjonar av partiklar og sedimentering vil overvakast og eit avansert system er utvikla i samarbeid med DNV (Kapittel 10).

Utslippsrøret er fleksibelt slik at det kan flyttast i horisontal og vertikal planet. Dette gir moglegheit for å bygge opp deponiet som eitt eller fleire undersjøiske delta. Figur 58 illustrerer ei mogleg oppbygging der deponiet anleggjast i 6 undersjøiske deponikjedge som rommar heile deponivolumet for 39 års drift. I eit slikt scenario vil deponiets topp-punkt være maksimalt 65 meter over eksisterande havbotn og under terskeldjupna ved Svanøy på 220 meter. Dette kan gje ein fordel med omsyn til potensiell spreining av partiklar. Basert på overvaking under drift vil ein basert på kunnskap plassere utslippsrøret for å i størst mogleg grad minimere avtrykket av deponiet over tid (Kapittel 9.1.2).



Figur 58 - Illustrasjon av deponikjægler etter 40 års drift

Eit areal på totalt 4,4 km² er i reguleringsplanen avsett for sjødeponi. Av dette forventast ein eller fleire deponikjægler å dekke 25-40% av arealet avhengig av høgde og antall kjægler. Beregnet volum i Figur 58 er om lag 50 millionar tonn basert på 39 års drift. Det regulerte arealet har plass til ytterlegare kjægler/massar ved utvida drift og uttak av utleia ressursar. De første driftsåra vil overvakast nøye og deponeringa vil optimaliserast basert på innhenta kunnskap (Kapittel 10).

7.4 Prosedyrar for kontroll og driftsovervaking

Selskapet vil etablere eit overordna internkontrollsystem, med eiga fokus på avfallsanlegga før oppstart av produksjon. Arbeidsbeskrivingane vil innehalde alle prosedyrar for å drifte, overvake og vedlikehalde avfallsanlegga for å sikre at alle funksjonar møter krav til design, løyve og selskapets eigne målsetningar. Desse prosedyrane vil bli utarbeidd i samsvar med:

- 'Establishment of Guidelines for the inspection of mining waste facilities, inventory and rehabilitation of abandoned facilities and review of the BREF document No. 070307/2010/576108/ETU/C2. Annex 2, Guidelines for the Inspection of Mining Waste Facilities, April 2012. DHI.'

Avfallsanlegga vil være ein integrert del av verksemda, og vil bli følgt opp av eksterne ressursar med lang erfaring av avfallsanlegg for mineralindustrien og EUs direktiv for mineralavfall. Dei eksterne ressursane vil gjennomføre tredjepartskontroll av drift av avfallsanlegga.

Prosedyrane vil blant anna definere og beskrive i detalj:

- Organisasjonskart med ansvarlege personar og ressursar.
- Avgangsstraumar.
- Metodologi for oppbygging av gråbergsdeponi og sjødeponi.
- Risikoanalyse.
- Hydrologi.
- Miljøovervaking.
- Inspeksjonsrutinar og skjema for rapportering.

Beredskapsplan for avfallsanlegga Prosedyrane vil spesifikt møte følgande krav til kontroll av avfallsanlegga:

- Sekvens for oppbygginga av gråbergsdeponi.
- Stabilitet for gråbergsdeponi.
- Støvkontroll for gråbergsdeponi.
- Funksjonalitet, volumkontroll og vasskvalitet frå sedimenteringsdam.

8 AVSLUTNING OG REHABILITERING AV AVFALLSANLEGG

8.1 Plan for avslutning og rehabilitering

Utsleppsløyvet stiller krav til at avfallshandteringsplanen skal innehalde ein plan for avslutning og rehabilitering av deponiområda. Avslutning av deponia skal gjerast i samsvar med gjeldande plan. Miljødirektoratet skal varslast i god tid før avslutningsprosessen. I samsvar med avfallsforskrifta Kapittel 17 stillast det krav til godkjenning frå miljødirektoratet før eit avfallsanlegg kan vurderast som avslutta. Dette gjeld ikkje avfallsanlegg for inerte masser. Avslutning av deponia vil likevel gjerast i dialog med myndigheitene.

Nordic Rutile har som del av styringssystemet for miljø og samfunn laga ein plan for avslutning og rehabilitering av prosjektområdet inkludert, gruve, prosessanlegg, infrastruktur og avfallsanlegg. I dette kapitlet presenterast delar av planen som omhandlar avslutning og rehabilitering av gruveavfallsanlegg.

Målsetninga med avslutning- og rehabiliteringsplanen er å demonstrere korleis Engebøprosjektet kan bli avslutta i tråd med pliktar i løyver og på eit miljømessig og samfunnsmessig forsvarleg vis. Planen har blitt utarbeida basert på gjeldande prosjektplanar og med basis i følgjande løyver:

- Utsleppsløyve etter forureningslova, Miljødirektoratet (revidert, 2021)
- Detaljreguleringsplan for utvinning av rutil i Engebøfjellet, Askvoll og Naustdal kommune (2019)
- Driftsplan for Engebøprosjektet, Direktoratet for Mineralforvaltning (2019)

Planen er utarbeida med betraktning til 'god industripraksis' representert av International Council on Mining and Metals (ICMM)⁵.

Ved nedlegging av drift skal området for deponia avsluttast og tilbakeførast til ein trygg og miljømessig forsvarleg tilstand. Generelle målsetningar for avslutninga er:

⁵ Integrated Mine Closure Good Practice Guide 2nd Edition (ICMM, 2019) and supporting closure maturity framework (ICMM, 2020)

- Vedlikehalde arbeidstryggleik og helse gjennom ned stenging av aktivitetar
- Ivareta folkehelse og tryggleik
- Demonstrere kjemisk stabilitet for deponia
- Demonstrere fysisk stabilitet for deponia
- Etablere sjølvopphaldande økosystem i deponiområda
- Minimere behovet for vedlikehald av rehabiliterte deponiområder
- Minimere negative effektar for anna næringsaktivitet og lokal økonomi
- Oppretthalde gode relasjonar med lokalsamfunnet
- Legge til rette for god framdrift for rehabilitering og tilbakeføring også under drift

8.1.1 Gråbergsdeponi

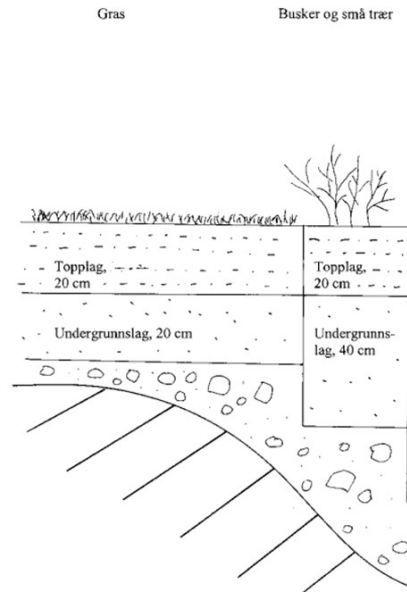
Ifølgje reguleringsplanen skal det skal lagast ein plan for snarast mogleg istandsetting av gråbergsdeponiet gjennom levetida. Etter avslutta drift skal gråbergsdeponiet tilbakeførast til landbruksareal. Dagens bruk av området er som beitemark for husdyr. Med landbruk forståast det i denne samanheng tilbakeføring til beitemark.

Istandsetting av deponiet vil gjerast ved å planere massane for å tilpasse terrenget. Det vil leggest til rette for ei helling på deponimassane som mogleggjer planting. Det vil bli gjennomført grøfting for effektiv drenering frå deponiet for å unngå danning av dammar. Grøfting vil også gjennomførast i omkringliggande områder for å føre vatn bort frå deponimassane for direkte tilsig til naturlege vassdrag. Etter avslutta drift vil eit lag med matjord leggest over deponimassane og massane vil deretter plantast. Deponiet vil vegeaterast med stadeigne arter egna for beiteland.

Omfanget av planering og planting avhenger av kor mykje av gråberget som utnyttast til alternativ bruk. I utsleppsløyvet stillast det krav til at gråberg i størst mogleg grad skal nyttast til alternative formål. Nordic Rutile ser det som truleg at ein stor del av gråberget kan nyttast over tid, sjå Kapittel 4.3. Ved bruk av gråberget vil behovet for rehabilitering redusert. Sjølv ved full utnytting er det likevel truleg at det vil være terrenginngrep frå ulike aktivitetar (transport av stein og knusing/sikting av gråberg til pukkformål) og at det vil være et behov for opprydding, istandsetting og plantning for tilbakeføring. Dagens plan for tilbakeføring legg konservativt til grunn maksimal deponering av gråberg over tid, utan uttak til alternativt bruk. Dersom omfanget av deponi og inngrep endrast, vil planen oppdaterast med gjeldande pliktar.

Under anleggsfasa vil omlag 150.000m³ matjord (myrjord og vekstjord) fjernast frå prosess-, gruve- og gråbergsområdet og deponerast for seinare bruk. Oppmåling og veking av matjord vil gjerast under uttak slik at det føreligger eit rekneskap over jord inn/ut på lager. Ved rehabilitering av deponiet vil denne massen nyttast til tildekking og revegetasjon av deponiet. Lageret for matjord plasserast innanfor deponiområdet slik at avrenning frå massane fangast opp av sedimentasjonsbassenget nedstrøms for gråbergsdeponiet.

Etter avslutta drift vil gråbergsdeponiet dekke eit areal på ca. 380.000 m². Med eit tilgjengeleg volum på 150.000 m³ med matjord/myr gir dette overdekking av deponiet med en tjukkelse på 0,4 m. Figur 59 viser en skisse for overdekke, inndelt i topplag og undergrunnsplag. I undergrunnsplaget kan blandast inn andre lausmasser som sand, silt og leire. Bruk av avgangsmasse til dette formålet kan da vere ein moglegheit. Mengda matjord frå prosjektområdet er forventa å dekke behovet for revegetasjon. Dette vil undersøkast nærare når rehabiliteringsplanane detaljerast ut og jordlageret anleggjast.



Figur 59 - Skisse for utlegging av jordmassar for tildekking (Asplan Viak 2022)

Planen for rehabilitering av gråbergsdeponiet vil oppdaterast jamleg ettersom planlagt deponering og bruk utviklast over tid. Figur 60 under viser deponiet slik det er tenkt planert og planta med antaking om at gråberg ikkje blir nytta til alternative formål.



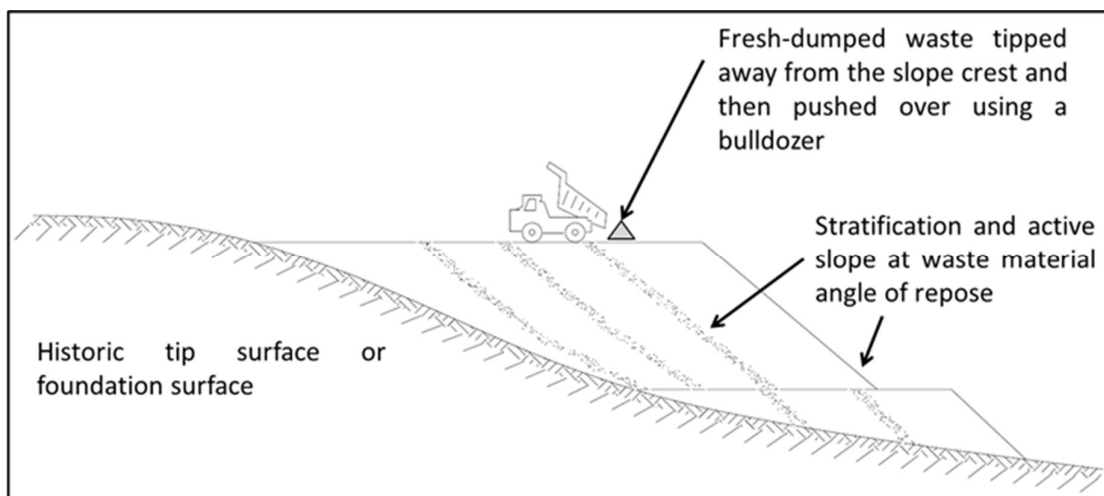
Figur 60 - Figur som viser gråbergsdeponiet etter rehabilitering (retn. SØ-NV)

Gråbergsdeponiet er, som beskrive i Kapittel 5.4.1, karakterisert som inerte masser. Risiko for sur og metallholdig avrenning vurderast difor som låg. Det er likevel ynskjeleg å minimere gjennomstrøyming av vatn i deponiet slik at finstoff og sprengstoffrestar i minst moglege grad vaskast ut. Eit vegetasjonsdekke vil bidra til å redusere avrenning og vassgjennomstrøyminga i massane.

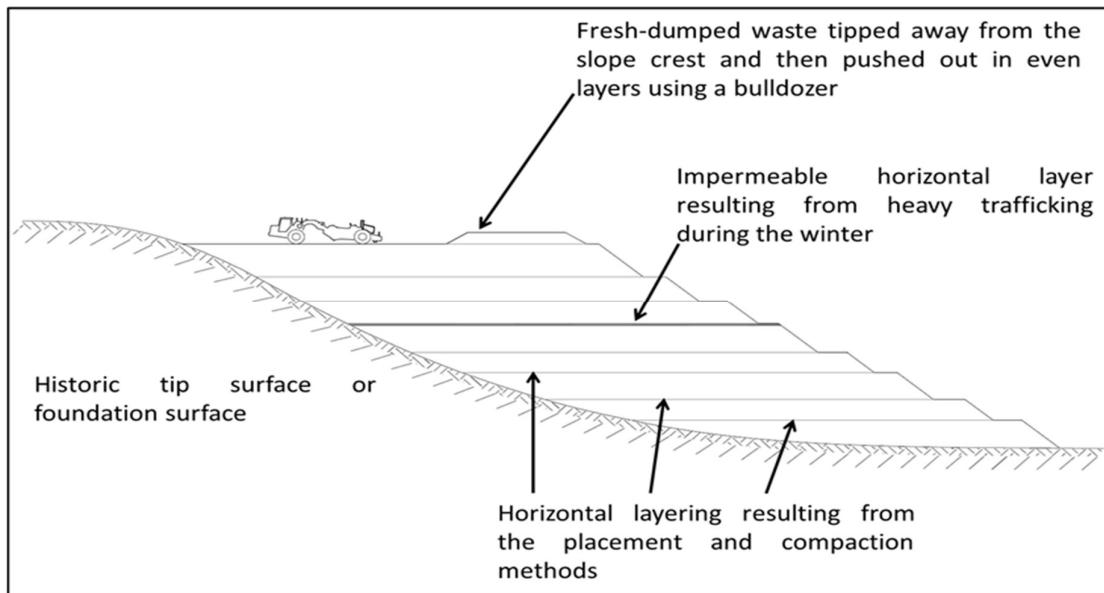
Følgande steg er planlagt for istandsetting av gråbergsdeponiet:

- Avleie vatn som ikkje har vore i kontakt med gråbergsdeponiet til naturlege bekkleier ved hjelp av grøfting og design
- Planere og forme gråbergsdeponiet til ein helling på 1:2 for effektiv avrenning og moglegheit for plantning
- Etablere dreneringsgrøfter på gråbergsdeponiet for å hindre danning av dammar og minimere infiltrering av vatn
- Gradere toppen av gråbergsdeponiet til ei helling på 1% for å sikre drenering, forhindre danning av dammar og tilrettelegging for tildekking
- Toppen må vera utforma slik at ein sikrar tryggleik for folk og dyr. Det kan leggast opp ein voll som sikringstiltak, toppen bør ha ei god avrunding og/eller låge avsatsar
- Etter avslutta drift, og når alternativ bruk ikkje er mogleg, anlegga eit lag med matjord som vekstmedium for revegetasjon
- Plante matjorda med passande, stadeigne artar
- Når gruveområdet er avstengt, og rehabilitert skal deponiområdet opnast til bruk som beitemark

Reguleringsplanen stiller krav til at det skal leggast en plan for snarast mogleg istandsetting av dei ulike delane av gråbergsdeponiet. Det er identifisert begrensa moglegheit til progressiv istandsetting av deponiet under drift spesielt med omsyn til plantning. Dette har samanheng med at store deler av deponiet vil ha aktive arbeidsflater under dagbrotsdrifta. Gråbergsdeponiet vil bli etablert basert på 'End of dumping' metoden, sjå Figur 61. Slik figuren viser vil skråningane på deponiet være aktive arbeidsflater under driftsperioden. Det er difor lite hensiktsmessig å plante deponiet før deponeringa er avslutta. Ved å avvente revegetasjon til etter avslutta drift er også en føresetnad for å kunne utnytta massane til alternative formål gjennom driftsfasa. Skulle det bli klart at alternative bruksområde ikkje er mogleg så kan alternative 'Bottom up'-metodar for gråbergsdeponering vurderast som vist i Figur 62. Dette vil i større grad mogleggjere progressiv revegetasjon.



Figur 61 - Konseptskisse for «End of dumping» metodikken som skal anvendast for utplassering av masser i gråberget



Figur 62 -Konseptskisse for «Bottom up» metodikk

8.1.2 Sedimentasjonsbasseng

Etter at gråbergsdeponiet er ferdig rehabilitert, inkludert revegetasjon, er det sannsynleg at avrenninga frå deponiet vil være eigna for utslepp direkte til vassdrag utan vidare behandling. Sedimentasjonsbassenget kan på dette tidspunktet avsluttast og istandsettast. Planlagt istandsetting inneber at bassengkonstruksjonen bli fjerna og at bassenget blir fylt med inerte bergmassar og morenemateriale frå omliggande områder. Heile bassengområdet vil deretter dekkast med eit matjordlag og revegeterast.

8.1.3 Sjødeponiet

Infrastruktur forbunde med sjødeponiet skal etter avslutta drift fjernast. Dette inneberer:

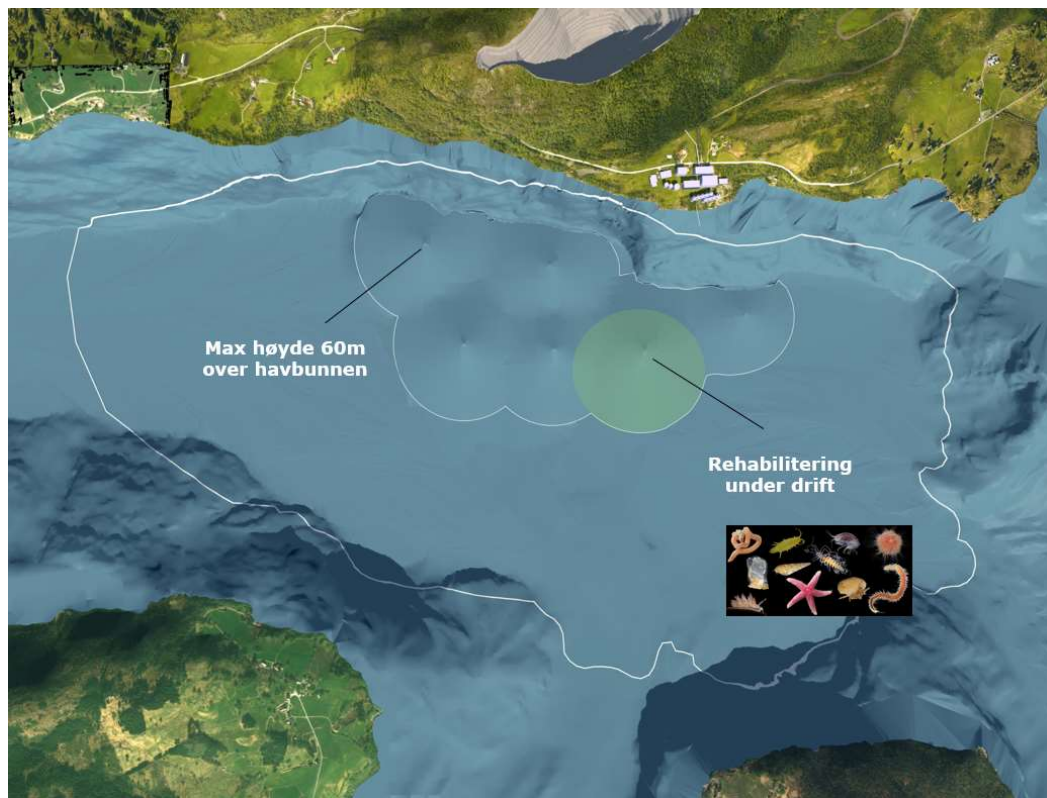
- Blandetank
- Utsleppsrør
- Pumpe og rørledning for inntak av sjøvatn
- Oppdriftselement for utsleppsrøret

Utstyret skal demonterast og fraktast bort på eigna måte i samsvar med plan for industriavfall.

Massane som deponerast på fjordbotnen er klassifisert som inerte (Kapittel 5.4.4) og er ikkje forventa å lekke ut metall eller andre miljøskadelege stoff. Det vurderast difor ikkje som naudsynt å dekke til deponiområdet med andre masser etter avslutta drift.

Erfaringar frå eksisterande og tidlegare sjødeponi viser at sjødeponi kort tid etter avslutta drift har god evne til naturleg rehabilitering. Det er forventa at deponiet i løpet av få år vil rekoloniserast og at det igjen vil etablerast eit botndyrsamfunn

med godt artsmangfald og samansetning. Havbotnen vil på denne måten reetablerast som habitat for djupvassfisk og andre artar som lever på nær og i fjordbotn. Slik beskrive i Kapittel 7.3 er det berre ein mindre del av det reguleerte området som vil vere påverka av sedimentering gjennom utsleppsperioden. Når ein kjegle er fylt opp vil livet kunne kome tilbake i dette området. Den miljømessige påverknaden vil vere knytt til den delen av vassøyla og havbotnen kor utsleppet til ei kvar tid føregår. Dette gir moglegheit progressiv rekolonisering av deponiområdet under drift (Figur 63). I områder der deponeringa er avslutta kan botndyr vende tilbake slik at området kan oppnå noko av sin opphavlege funksjon. Effektar av deponeringa og moglegheiter for progressiv rehabilitering vil overvakast nøye både under og etter drift, sjå Kapittel 10. Det vil også undersøkast moglegheiter for å avgrense fotavtrykket og framskynde rehabiliteringa. Moglege tiltak kan være utsetting av kunstige rev og tilførsel av organisk materiale. Slike tiltak vil være gjenstand for forskning og utvikling i løpet av driftsperioden.



Figur 63 - Konseptskisse for rehabilitering av havbotten under drift

9 TILTAK FOR Å UNNGÅ MILJØ- OG SAMFUNNSPÅVERKING

Nordic Rutile har gjennomført omfattande konsekvensutgreiingar for å vurdere miljømessige og sosiale effektar av prosjektet, inkludert konsekvensar knytt til avfallshandteringsanlegga. KU-prosessen byrja i 2007 og inkluderte over 90 studiar. Avfallshandteringsanlegga er designa for å i størst mogleg grad minimere negative

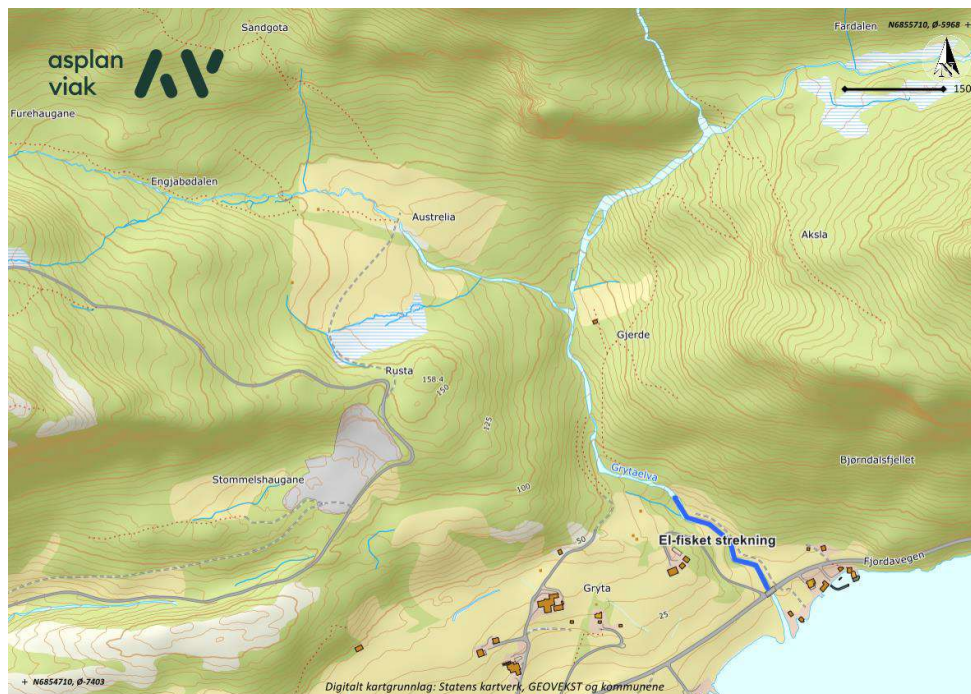
effektar på miljø, naturmangfald og samfunn, inkludert forhindre påverknad på omliggande vassførekomstar, og for å minimere potensialet for luftforureining.

Effektane avfallsanlegga har på miljøet (vatn og luft) og tiltak for å minimere effektar minimere negative konsekvensar presenterast i denne delen av avfallshandteringsplanen.

9.1 Vasskvalitet

9.1.1 Effektar knytt til gråbergsdeponi og tilhøyrande sedimentasjonsbasseng

Moglege miljøeffektar av gråbergsdeponiet er hovudsakeleg knyta til forureining av vasskjelder nedstraums frå deponiet. Grytaelva som ligger nedstraums frå gråbergsdeponiet er vurdert som eit habitat av regional verdi med populasjonar av aure og raudelista ål. Det er også tre drikkevassbrønner nedstraums frå gråbergsdeponiet. Figur 64 visar Grytaelva med sideelva som kommer frå Engjabødalen.



Figur 64 - Grytavassdraget med sideelv frå Engjabødalen (Asplan Viak 2022)

Det er gjennomført undersøkingar av vasskvalitet og biologi i Grytavassdraget av Asplan Viak (2022d). Undersøkingane visar at vassdraget har sjøvandrane aure og ål. Vassdraget ble av Asplan Viak vurdert som å ha høg sårbarheit, Figur 65. Nordic Rutile har difor fokus på tilpassa løysningar for å unngå påverking og stor grad av overvaking. Det er installert online turbiditetsmålarar (målar partiklar) i vassdraget nedstraums frå deponiområdet og det vil settes ut målarar for å overvake vatnstand (kap. 10.2). Det vil og gjennomførast jevnlege undersøkingar av biologien. Vassdraget har og sitt utløp i Redalsvika som er eit gytefelt for torsk. Det er også viktig å unngå forureining frå elva sidan torskeegg kan vere sårbare for partiklar. Gytefeltet for torsk vil også overvakast nøye i drift og det vart gjennomført undersøkingar av DNV under gytetesongen i 2023. Vidare undersøkingar er planlagt i 2024 og følges opp som del av bedriftas miljøovervaksningsprogram (DNV 2018)

Kriterier for sårbarhet	Lav sårbarhet <1,7	Middels sårbarhet 1,7-2,3	Høy sårbarhet >2,3	Kommentarer
Økologisk og kjemisk tilstand			3	God økologisk tilstand
Størrelse på vannforekomst			3	Liten vannforekomst (<10 km ²)
Vanntype (kalk)			3	Svært kalkfattig
Vanntype (humus)			3	Klar
Beskyttet område iht. Vannforskriften	1			Nei, ingen beskyttede områder
Andre påvirkninger		2		Jordbruk
Brukerinteresser/økosystemtjenester		2		Drikkevannskilde, jordbruk
Påvirkning av tiltaket			3	Redusert vannføring nedstrøms Engebø gir høy sårbarhet
Poeng, gjennomsnitt	2,5			
Samlet vurdering	Høy sårbarhet			

Figur 65 - Vurdering av Gryta sin sårbarheit (Asplan Viak, 2022d)

Risikoen for kjemisk forureining (utlekking av tungmetallar og sur avrenning) frå gråbergsdeponiet er vurdert til å være låg. Potensielle effektar på vasskvalitet vil difor hovudsakeleg være forbundet med utslepp av finstoff. Ved sprenging av gråberg, transport og tipping vil det dannast finstoff som kan vaskast ut frå deponimassane og transporterast til omliggande vasskjelder. Auka partikkelkonsentrasjon i vassførekomstar kan gje negative effektar for fisk, ål og andre organismar som lever i vatnet.

Avrenning av udetonert sprengstoff frå gruvedrift kan påverke vassmiljøet negativt. Ved sprengingsarbeid i dagen vurderast gjerne andelen udetonert sprengstoff til ca. 1 %. Overflata av malm, gråberg og vrakstein frå dagbrot kan innehalde restar av udetonert sprengstoff. Udetonert ammoniumnitrat er lettlyseleg og kan også følge vatn frå dagbrotet. Nedbørsvatn som strøymar gjennom deponiet kan mobilisere udetonert sprengstoff og resultere i nitrogenhaldig avrenning. Ammonium kan omdannast til ammoniak som kan ha negative effektar på vasslevende organismar.

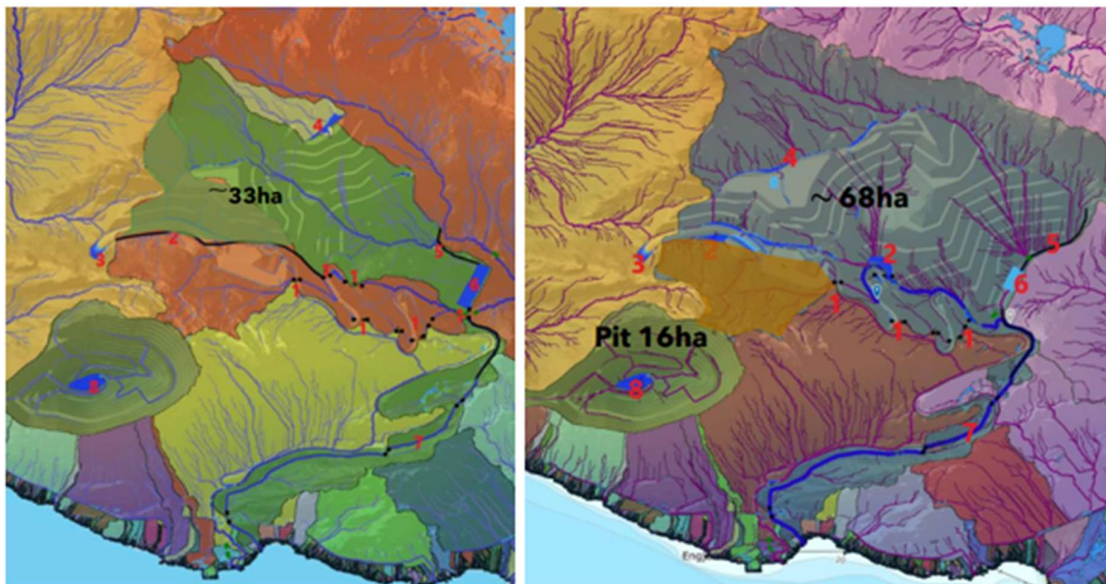
For å unngå utslepp av finstoff og sprengstoffrestar til Grytaelva, bekkar og Førdefjorden er det slik vist i Kapittel 7.2 anlagt eit sedimentasjonsbasseng ved foten av gråbergsdeponiet. Vatn som har vore i kontakt med deponimassane ledast til sedimentasjonsbassenget kor vatnet reinsast for partiklar. Reinsa vatn førast så i grøfter/sjakter ned til prosessområdet for bruk som prosessvatn eller utslepp til sjø.

Ved god handtering av kontaktvatn og etablering av sedimentasjonsbasseng er det ikkje forventet negative effektar på vassførekomstar i området. Eit overvåkingsprogram er planlagt for å sikre at vassførekomstar som Grytaelva ikkje blir negativt påverka (kap. 10). Overvåkingsprogrammet skal også dokumentere at det ikkje skjer uforutsett kjemisk forringing av vasskvaliteten som potensielt kan gje konsekvensar for vassdrag, grunnvatn og drikkevassbrønnar.

Figur 66 viser dei ulike nedbørsfeltene rundt prosjektområdet med fokus på dei som drenerar mot Grytaelva. Som beskrive i Kapittel 7.2 kjem Fase 1 av sedimentasjonsbassenget (år 0 til år 5) til å fjerne vatn tilsvarande 11% av Grytaelva sitt nedslagsfelt. I eit brev frå NVE (2022) vurderer dei at opp til 15% reduksjon i vassføringa til Grytaelva ikkje kjem til å ha negativ påverknad på fisk da 15% er ein liten del av det totale nedbørsfeltet. Nordic Rutile vil overvake vatnstand i Gryta frå våren 2023 og vidare inn i drift. Dersom målingar visar at uttak av opp mot 11% av nedbørsfeltet har ein negativ effekt vatnstand og dyrelivet, vil Nordic Rutile vurdere

moglegheitene for å sende reinsa vann frå sedimentasjonsbassenget til Gryta i tørre periodar. Reinsekrav og vatnkvalitet vil vurderast som del av overvakninga.

Under Fase 2 (år 5 til år 14) av drifta kjem opp til 24% av nedslagsfeltet til Grytaelva til å bli omdirigert til sedimentasjonsbassenget. Asplan Viak (2022d) vurderingar visar uttak av 24% av vatnet kan ha negative effektar på fisk og vassmiljø under tørre periodar. Innan fase 2 vil bedrifta ha omfattande kunnskap om vatnføring frå overvaking som kan nyttast til vurdering eventuelle vidare tiltak. Dersom kvaliteten av vatnet som går ut av sedimentasjonsbassenget kan dokumenterast som tilfredsstillande, vil sedimentasjonsbassenget kunne fungere som ein buffer for Grytaelva i tørre periodar og på denne måten auke robustheiten til vassdraget for åle- og aurebestanden. Sedimentasjonsbassenget sin funksjon er ytterlegare beskrive i Kapittel 7.2.



Figur 66 – Konseptskisse - Fase 1 (0 til 5 år): påverkar 11% (33 hektar) av Grytaelva sitt nedslagsfelt. Fase 2 (5 til 14år) påverkar 24% (68 hektar) av Grytaelva sitt nedslagsfelt

I løpet av fase 1 vil Nordic Rutile jobbe mot sal av gråberg og på denne måte redusere behovet for deponering. Det vil gi ein meir begrensa påverknad på nedslagsfeltet til Gryta i løpet av drifta.

Avbøtande tiltaka for vannføring i Gryta er:

- Sal av gråberg for å redusere påverking på nedslagsfeltet
- Overvaking av vatnstand i Gryta frå 2023 og vidare systematisk ut i drift
- Vidareføring av overvaking av vatnkvalitet og partiklar i Gryta
- Overvaking ål og aurebestand i Grytaelva
- Analysere vatn frå sedimentasjonsbassenget for å vurdere vatnkvalitet for utslepp til Grytaelva i tørre periodar

- Vurdera løysingar for vidare reinsing av vatn frå sedimentasjonsbassenget

I brev frå NVE (2023) har Nordic Rutile mottatt ytterlegare spørsmål gjeldande avleiing av vatn frå nedslagsfelt tilknytt Grytaelva, og bedrifta er i dialog for å vurdere korleis Grytaelva kan beskyttast mot påverknad på best mogeleg måte.

9.1.2 Effektar knytt til sjødeponi

Geokjemi og vasskvalitet

Som vist i Kapittel 5 vurderast massane i sjødeponiet som inerte. Risikoen for utlekking av tungmetall frå deponimassane til omliggande vassførekomstar vurderast difor som låg. Ein mindre del av tilsetningsstoffar frå mineraloppreiinga vil følgje med avgang til sjøen. Det er gjennomført omfattande testing av potensielle effektar knytt til prosesskemikaliene som del av godkjenning av utsleppsløyvet. Resultata frå testarbeidet er samanfatta i rapportar frå DNV (2019, 2020). Det er generelt lite miljørisiko knytte til bruken av DowFroth og Magnafloc 5250. Sidan SIBX er kjent for å kunne ha negative effektar for vasslevande organismar har det mykje testarbeid fokusert på å dokumentere effektar knytt til SIBX. Det er gjennomført rundt 20 test- og modelleringsprogram for SIBX som inkludera:

- Testar for akutt og kronisk toksisitet
- Absorpsjonstestar
- Nedbrytingstestar
- Evaluering av bioakkumulasjon
- Berekning av konsentrasjonar som ikkje gir effektar (Predicted-Non-Effect-Concentration (PNEC))
- Modellering av SIBX-konsentrasjonar i fjorden

Resultata frå avanserte 3D-modelleringar viser at konsentrasjonen av SIBX var langt under PNEC i umiddelbar nærleik til utløpet for utsleppet, sjølv ved å anvende konservative parameterar (SINTEF, 2020). DNV (2020) sin konklusjon er basert på dette, at det er låg risiko for miljømessig effektar som følgjer av den planlagde bruken av SIBX.

Som nevnt i Kapittel 3.4 har Nordic Rutile inngått ein intensjonsavtale for sal av pyritt. Eit sal kan signifikant redusere behovet for utslepp av SIBX med anslagsvis 90% som vidare redusera risiko for effektar.

Partiklar i fjorden

Som ein del av konsekvensutreiinga har det blitt gjennomført omfattande vurderingar knytt til partiklar og sedimentasjon frå utslepp i Førdefjorden, og potensielle effektar på marint liv, spesielt knytt til verdifulle artar som laks og ål, samt gytefelt for torsk og raudelisteartar. Konsekvensutgreiinga visar at effektar av deponiet er hovudsakeleg knytt til sedimentering av partiklar på havbotn. I områder med høg sedimentasjons er det forventa at botndyrsamfunn begravast i deponimassane og at dei ikkje har livsgrunnlag her. Dette førar også til at dette området bortfalla som habitat for botnlevande fisk. Sidan deponiområde utgjør ein liten andel av habitatet for botnlevande fisk er konsekvensane for disse forventa å vere låg (HI, 2009).

For å vurdere spreiring av partiklar i vassfasa og sedimentering i deponiområdet vart det gjennomført målingar av straumar og hydrografi i fjorden av DNV i 12 månader ved fleire stasjonar (DNV, 2014a). Data frå målingane vart brukt til å lage ein sirkulasjonsmodell (SINMOD) for å modellere partikkelspreiring og sedimentasjon (DREAM) (SINTEF, 2014a og b). Modelleringa vart basert på eit utslepp på 4 millionar tonn og totalt 250 millionar tonn med malm. Basert på dette arbeidet vart eigenskapane til utsleppet og oppbygginga av fjordeponiet vurdert, samt dei tilknytte effektane på marint liv.

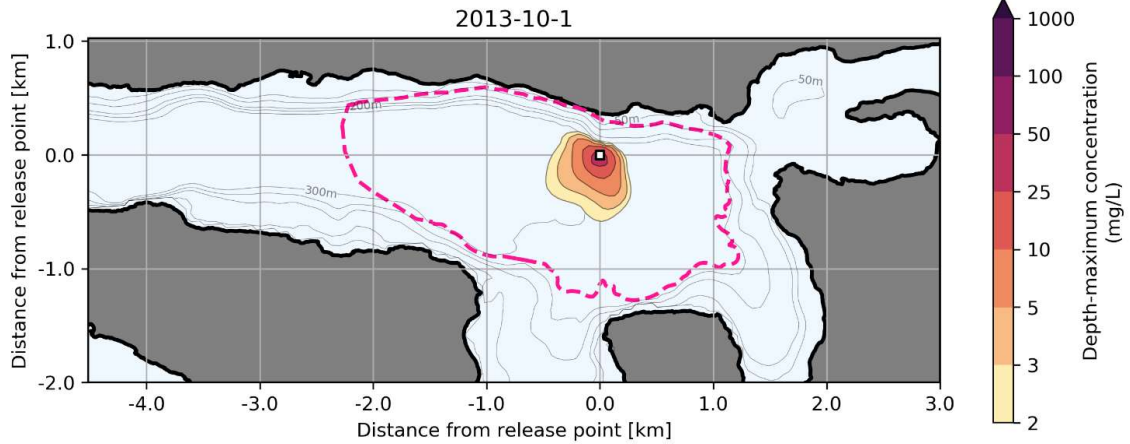
Konklusjonar frå konsekvensutgreiingane er som følgjer:

- Modelleringa viser at forhøgja partikkelkonsentrasjonar og sedimentering er forventa å skje innanfor det regulerte området. Partiklar som spreiest utover dette området er i konsentrasjonar som ikkje gir effektar
- Det er liten risiko for partikkelspreiring oppover i vassmassane.
- Strøymingane i deponiområdet er moderate med låg risiko for erosjon og transport av massane
- Fjordeponiet dekkjer maksimalt 5% av det totale botnhabitatet i Førdefjorden

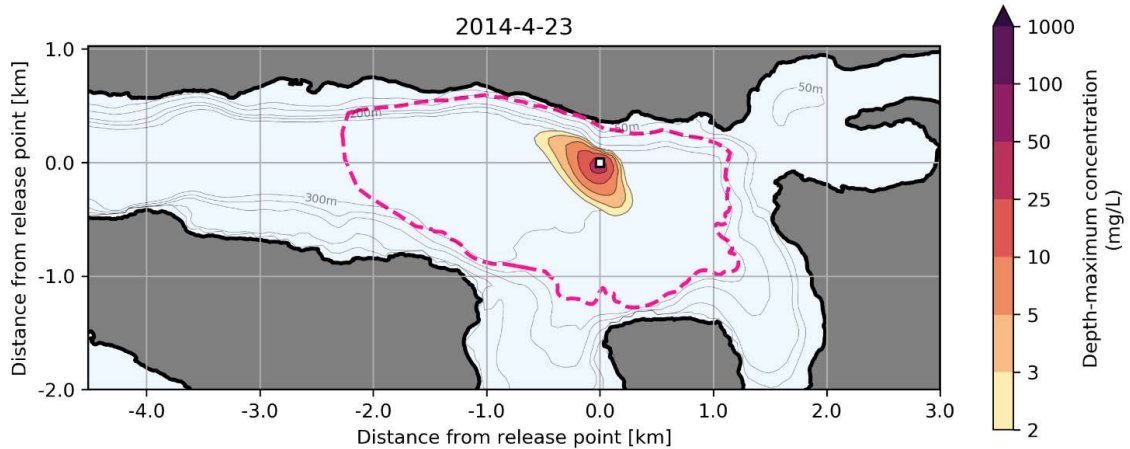
Det er gjennomført tilpassingar i utslippsdesignet for å minimere risikoen for at partiklar spreiest utover det som er ligg i krava:

- Fjerning av ferskvatn og innblanding av sjøvatn før utslepp for å auke tettleiken til utsleppsplumen, minimere oppdriftseffektar og auke sedimentasjonsraten
- Fjerning av luft frå utsleppssystemet for å unngå danning av luftbobler som kan komme inn i røyrssystemet og forårsake oppdrift av partiklar.
- Eit fleksibelt utsleppssystem som gir moglegheit for å optimalisere plasseringa av utslippsrøret horisontalt og vertikalt
- Bruk av flokkuleringsmiddelet Magnafloc 5250 for agglomerering og fnokkdannelse av partiklar for aukt sedimentasjonsrate. Dette kjem i tillegg til naturleg flokkulering som skjer i sjøvatn og som er vist å være ein viktig faktor for sedimentering

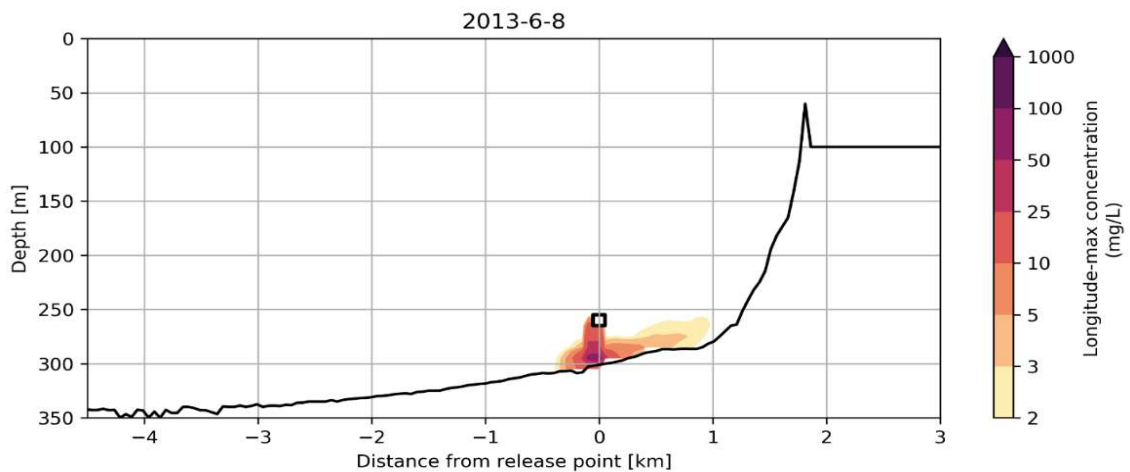
For å teste ulike posisjonar for avgangsrøret og korleis dette påverkar mengda partiklar i vassfasa blei det gjennomført nye modelleringar av SINTEF (2020). Modelleringa vart basert på eit utslepp av 1,3 millionar tonn per år basert på drifta slik den er planlagt per i dag. Figur 67 og 68 viser resultatata frå modelleringar av partiklar under ein dypvannsutskiftning og ved ein normalsituasjon. Slik Figur 69 og Figur 70 visar er det er låge konsentrasjonar i kort avstand frå utsleppspunktet.



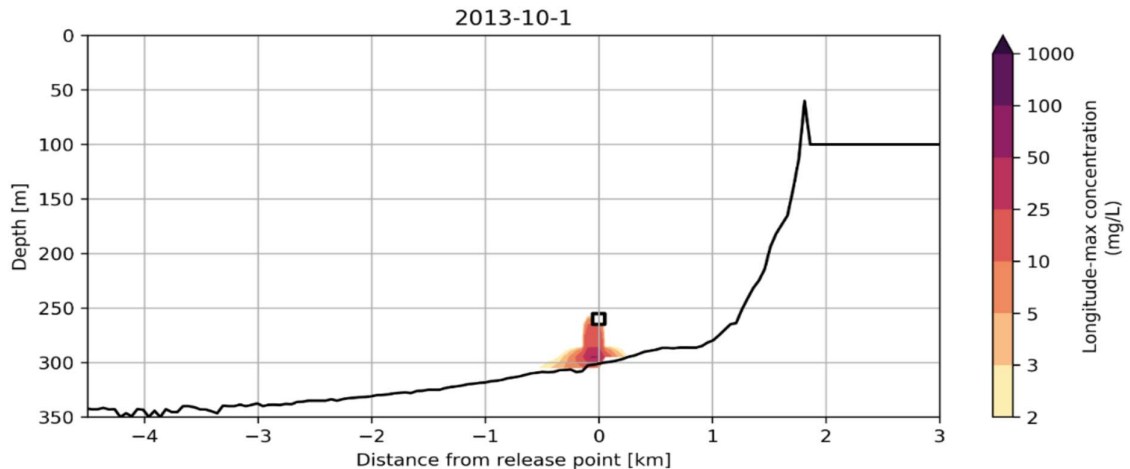
Figur 67 - Partikkelkonsentrasjon i ved normalsituasjon (SINTEF 2020)



Figur 68 - Partikkelkonsentrasjon ved dypvannsutskifting (SINTEF 2020)



Figur 69 - Vertikal snitt av partikkelkonsentrasjon ved ein dypvannsutskifting (SINTEF 2020)



Figur 70 - Vertikalsnitt av partikkelkonsentrasjon ved ein normalsituasjon (SINTEF 2020)

Utsleppsløyvet set krav til at det gjennomførast kontinuerlege målingar av partiklar for å dokumentere at grenseverdiane overhaldast. Eit avansert måle- og overvåkingsprogram vil bli sett i gang før oppstart av drift for å kontrollere at deponeringsprosessen skjer slik planlagt og at tiltak kan iverksettast ved uforutsette hendingar. Måle- og overvåkingsprogrammet er beskrevet i meir detalj i Kapittel 10.

Økologiske effektar

Fleire studiar har blitt gjennomført for å forstå biodiversiteten i Førdefjorden inkludert testfiske, grabbprøvar av botndyrsamfunn, innsamling av fiskeegg og visuell kartlegging med ROV (NIVA, 2008a; NIVA, 2008b; HI, 2008, DNV, 2014b).

Effektar av deponiet på biodiversitet er vurdert basert på lokalisering av ulike artar og habitat sett i samanheng med forventa avtrykk av deponiet slik predikert ved modelleringar. DNV (2014b) har gjennomført omfattande undersøkingar av biologien i rundt det planlagde deponiområdet. Dette omfattande økologisk grunnlagsundersøking og evaluering av effektar opp mot resultatane frå modelleringane. Klima- og Miljødepartementet oppsummerte i utsleppsløyvet av 5. juni 2015 følgjande effektar av deponiet basert på konsekvensutgreiingane:

- Avgangsmassane vil hovudsakeleg påverke botnlevande organismar (benthos) i det regulerte området der sedimentasjonsraten er høg
- Effekten på botnlevande organismar i deponiområdet vil være signifikant og botnhabitatet med høg partikkelsedimentering fell bort som leveområde i deponiperioden
- Mobile organismar som fisk er forventa å unngå områder med høge partikkelkonsentrasjonar og kan nytte seg av andre områder av fjorden i deponiperioden
- Det er låg risiko for effektar på gytefelt for torsk som ligger i tilgrensande områder på grunt vatn
- Deponiet har låg risiko for større effektar på raudlisteartar som pigghå og blålange sidan deponiområdet utgjør ein marginal del av habitatet deira i fjorden
- Det er lite kommersiell fiske i fjorden, men aktivt fritidsfiske. Deponiet er ikkje forventa å ha negative effektar på denne aktiviteten utanfor deponiområdet

- Det er låg risiko for effektar på oppdrettsanlegg som berre nyttar den øvre delen av vassøyla
- Det er låg risiko for påverknad på laks sidan den vandrar i dei øvre 30 meterane av fjordvatnet
- Botnlevande organismar i deponiområdet er forventa å rekolonisere massane etter avslutta drift. Skaden deponiet har på botnhabitatet er difor reversibel
- Effekten av deponiet har ein lokal karakter, og det er lite sannsynleg med alvorlege og irreversible effektar på fjordens økosystem

9.2 Luftkvalitet

9.2.1 Effektar frå gråbergsdeponi

Utslepp av støv kan førekomme frå gråbergsdeponiet under utbygging og drift. Nordic Rutile gjennomførte ein studie om effektar av støv frå prosjektet i 2009 (NILU 2009). Estimat av støvutslepp var basert på antatt volum av støv frå ulike aktivitetar, værdata og distanse til næraste nabo. Ifølgje studien er forventa støvutslepp frå dagbrot, anleggsveg og prosessanlegg vurdert som lågt med total dagleg gjennomsnitt under $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 500 meter frå drifta. Nivået på støv til næraste nabo er forventa å være lågare enn $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som timesmiddel. Dette er under grenseverdiar sett i utsleppsløyvet ($5\text{g}/\text{m}^2$ hos næraste nabo) og i retningslinjer for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging (Miljødirektoratet T-1520, 2012).

Slik presentert i Kapittel 5.5 er innhald av asbest under grenseverdiar for skadeeffektar. Sprenging, knusing, maling og handtering av malm eller gråberg er difor ikkje forventa å gje skadeleg asbestutslepp i arbeidsmiljøet eller til omgjevnadane.

For å minimere utslepp til luft vil følgjande aktivitetar lagt inn i planen for design og drift av gråbergsdeponiet:

- Plassering av transportveg for gråberg i tunnel frå dagbrot til gråbergsdeponiet
- Spreiing med vatn ved på tørre dagar med potensiale for støvgenerering.
- Revegetasjon av gråbergsdeponiet for å minimere generering av støv frå deponiet

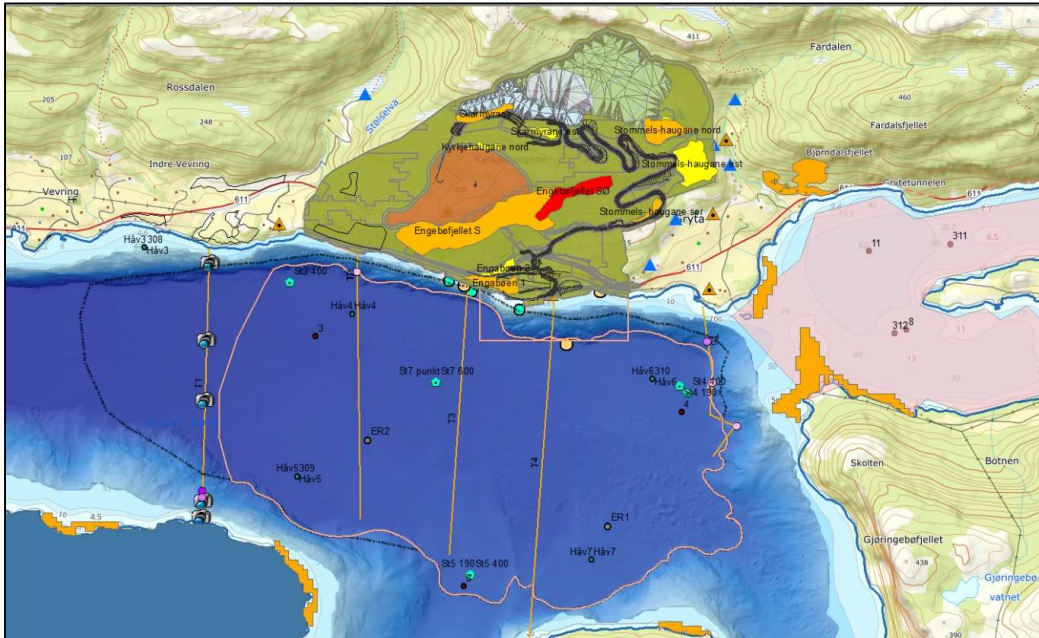
Utsleppsløyvet stiller krav til overvaking av nedfallstøv rundt driftsområdet på Engebø. Utplassing av måleutstyr vil gjerast i tråd med overvakingsprogrammet som godkjent av miljødirektoratet.

9.2.2 Effektar frå sjødeponiet

Ingen luftkvalitetseffektar er forventa frå deponering av avgang i sjødeponiet.

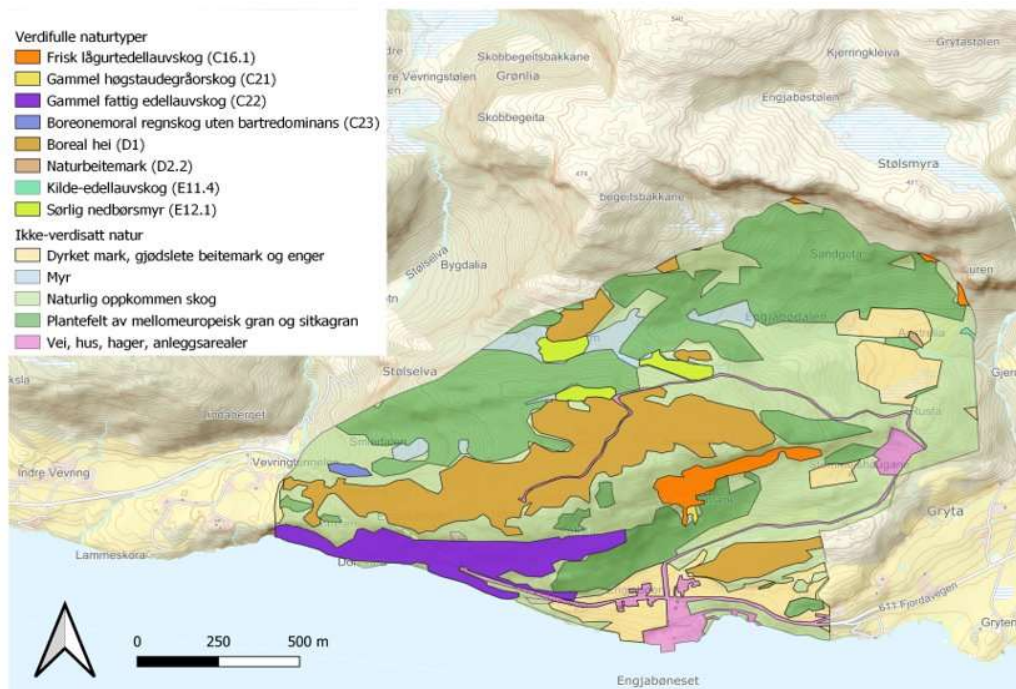
9.3 Plan for naturmangfald

I samarbeid med DNV og Asplan Viak, har Nordic Rutile igangsett arbeid med en handlingsplan for naturmangfald. Planen definerer konkrete tiltak for å unngå, minimere, restaurere og kompensere effektar på naturmangfald. Målsetninga for planen er netto-gevinst for naturmangfald over prosjektet si levetid. Det vil sei at negative effektar på naturmangfald frå bedrifta sine aktivitetar skal restaurerast og tilbakeførast i størst mogleg grad til opprinneleg eller tilsvarande god stand. Der bedrifta ikkje har høve til å tilbakeføre 100% vil det gjerast tiltak for å kompensere ved å auke naturmangfaldet andre steder. Som ein del av dette arbeidet har bedrifta saman med DNV laga et interaktivt kart for naturmangfald. Figur 71 **Error! Reference source not found.** viser kart for naturmangfald oppdaterast ettersom ny kunnskap tilkjem. Eit interaktivt kart et lagd for prosjektet.



Figur 71 - Interaktivt kart for naturmangfold

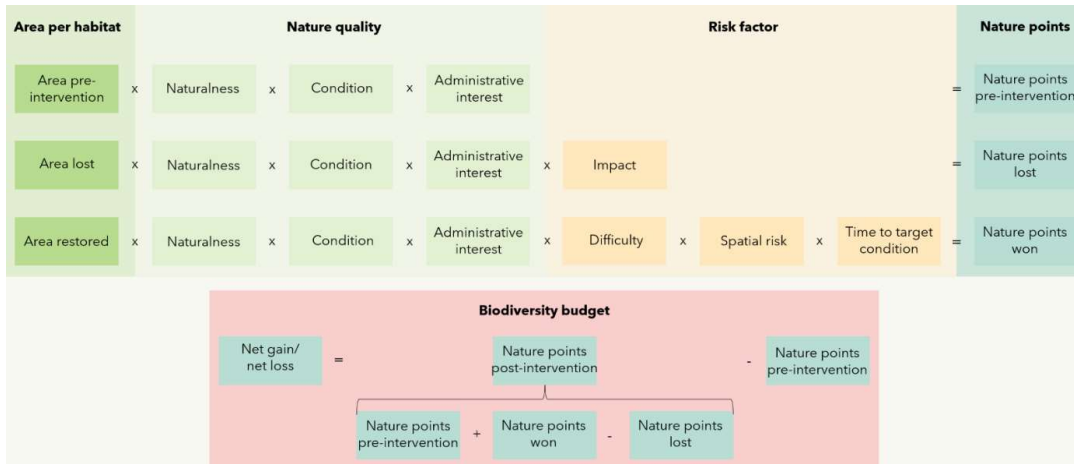
I 2022 vart ei kartlegging av naturmangfaldet på land i prosjektområdet gjennomført. Figur 72 beskriver dei ulike naturtypene på land. Kartet er nytta i utbyggingsfasa på Engjøen, og utbyggingsplanane har blitt tilpassa og endra for å unngå å påverke områder med høg naturverdi.



Figur 72 - Kartlagde naturtyper for Engjøenprosjektet

Eit naturrekningskap er påbegynt for heile Engjøenprosjektet (både på land og i sjø). Figur 73 viser kva for parametarar som inngår i rekningskapet. Dette kjem til å brukast i ein

handlings- og aktivitetsplan for biodiversitet som hjelper prosjektet til å sjå kva for påverknad prosjektet har for naturmangfaldet og tiltak restaurering og kompensasjon.



Figur 73 - Naturmangfaldsrekneskap for prosjektet

Figur 74 viser eit gammalt almtre med ein høg naturverdi i henhold til klassifiseringa. Almtreet er eit treslag ein finn i naturtypen edellauvskogen i prosjektområdet. Edellauvskog er ein naturtype bedrifta vil etterstreve å ivareta. I tillegg er det eit mål for Nordic Rutile å tilrettelegge for spreiring av denne naturtypen. Prosjektområdet har bestått av eit betydeleg areal planta granskog som vil fortrenge anna vegetasjon der granskogen spreiar seg. Dei planta granfelta har ein låg naturverdi (blant anna grunna svartelista sitkagran), og Nordic Rutile har aktivt fjerna areal med denne naturtypen for å framme spreiring av for eksempel edellauvskog som naturleg vil kunne gje eit større naturmangfald.



Figur 74 - Eit gammalt almtre med høg naturverdi (foto: Heiko Liebel)

9.4 Samfunnskontakt og involvering

Nordic Rutile ynskjer at lokalsamfunn, naboar og andre interessepartar skal ha tilgang til informasjon om Nordic Rutile sine aktivitetar og ha moglegheit for deltaking i bedrifta si miljøovervaking.

I 2020 oppretta Nordic Rutile ei ressursgruppe bestående av velforeiningar i lokalsamfunn rundt Engebø, næringsinteresser og lokale interesseorganisasjonar. Askvoll og Sunnfjord kommune er observatørar i gruppa. Formålet med gruppa er å informere, skape dialog og få innspel til bedrifta sitt overvakingssystem. Det haldast to faste møter per år og etter behov. Bedrifta presentera her planar og resultat for overvaking, og tema knytt til miljø og samfunn. Ressursgruppa kjem med innspel og gjevast moglegheit til å delta i utforming av overvakingssystemet.

Nordic Rutile etablerte i 2022 eit styringssystem for handtering av tilbakemeldingar frå lokalsamfunnet for å sikre god og systematisk dialog. Tilbakemeldingar kan være i form av innspel, bekymringar eller klager på bedrifta sine aktivitetar. Systemet skal sikre at bedrifta følgjer opp tilbakemeldinga, skaper dialog og forsøker å finne løysningar der situasjonen tilseier dette.

Nordic Rutile arrangerer etter behov møter i lokalsamfunnet for å informere om planer og tiltak. Informasjon om bedrifta aktivitetar i utbygginga og fram til drift vil tilgjengeleggjerast på bedrifta si heimeside.

10 KONTROLL OG MILJØOVERVAKING

I Kapittel 10 presenterast bedrifta sine planar kontroll og miljøovervaking knytt til drifta, anleggsfasa og etter avslutta drift.

Bedrifta legger til grunn ein «adaptive management» modell, for miljøovervakinga. Dette inneberer ein prosess med overvaking, etterfølgt av ein gjennomgang av overvakingsresultat for å betre kunne forstå aktivitetens miljøpåverking. Basert på dette kan overvakingsmetoden eller overvakings-parametrane tilpassast, eller det gjerast endringar for ein aktivitet som gir uønskt effekt. Dette betyr at det leggst til grunn ei dynamisk overvaking som tilpassast resultatata frå overvakingane og anna kunnskap som vil være tilgjengeleg via forskning, lokalsamfunn eller andre studiar. Dette for å optimalisere kvalitet, omfang og frekvens i overvakingsplanen i samsvar med opparbeid erfaring.

Kontrollmekanismar identifisert i avfallshandteringsplanen vil implementerast i Nordic Rutile sine interne kontrollsystem. Systemet vil byggje på en Plan-Do-Check-Act-prosess for kontinuerleg forbetring og proaktiv styring av potensielle risikoar og effektar for anlegga frå utbygging, drift til avslutning.

10.1 Overvaking i driftsfasen

På oppdrag frå Nordic Rutile har DNV utarbeida eit overvakingsprogram basert på godkjent utsleppsløyve for Engebøprosjektet (DNV, 2018). Rammeverk for overvakingsprogrammet samt delprogram for overvaking av smolt er godkjent av Miljødirektoratet. Resterande delprogram er til behandling hos direktoratet og har vært på høyring hos relevante sektormyndigheitar. Innspel frå høyringsrunda har blitt presentert for Nordic Rutile. Nordic Rutile vil basert på avfallshandteringsplanen og høyringsinnspel lage eit oppdatert overvakingsprogram vil leggst fram for myndighetene innan sommaren 2023.

Formålet med overvakingsprogrammet er å samle inn data som mogleggjer vurdering av effektane drifta har på miljø og samfunn. Utsleppsløyvet stiller krav til overvaking, i forhold til avfallsanlegga vil dette inkludere:

- Effektar av sjødeponiet på vasskvalitet, inkludert utlekking av prioriterte miljøgifter og opptak av prosesskemikalier i marine artar som kan ha betydning for mattryggleik
- Overvaking av vasskvaliteten og potensiell utslepp i vassdrag for å avdekke eventuelle endringar i vasskvaliteten på et tidleg tidspunkt
- Effektar av deponia på biomangfald i Førdefjorden og nærliggande vassdrag, inkludert å dokumentere eventuelle effektar på sårbare/viktige artar og naturtypar, og spesielt gytefelt for torsk
- Overvaking av støvnedfall

Relevante vassførekomstar er i området er Grytaelva og Førdefjorden Ytre. Overvakinga skal gjennomførast i tråd med bestemmingane i vassforkrifta for tiltaksorientert overvaking. Data som framskaffast ved overvaking i vatn, samt sediment og biota, skal registrerast i databasen vassmiljø (<https://vanmiljo.miljodirektoratet.no/>). Overvakingsdata skal registrerast innan 1. mars året etter at undersøkinga er gjennomført.

Følgande delprogram er innsendt til myndighetene og avsjåast som å dekke krav til overvaking slik beskrive over:

- Overvaking av Førdefjorden
 - Vasskvalitet og oseanografi
 - Overvaking av blautbotnsamfunn
 - Strandsoneundersøking
 - Hardbotnsundersøking – visuell kartlegging
 - Gyteområde for torsk
 - Overvaking av utvandrande smolt
- Overvaking av nærliggande elver/bekker
- Undersøking av prosesskjemikalia (og prioriterte stoff)
- Måling av støy (og vibrasjonar)

Siste delprogram for måling av støvnedfall vil sendast inn til myndighetene innan sommaren 2023. Som del av arbeidet med ein plan for naturmangfald, vil bedrifta lage ein metodikk for å overvake effektar på naturmangfald på land og i vatn for å imøtekjem målsetninga om netto-gevinst over tid. Dette går utover krav stilt av myndighetene. Resultata vil gjerast offentleg tilgjengeleg.

I tillegg til miljøovervaking, vil bedrifta etablere et program for utslippskontroll. Målsetninga for programmet er å systematisk kartlegge bedrifta si utslepp til vatn og luft ved å gjennomføre målingar (både diffuse og punktutslepp). Programmet skal inkludere målingar knytt mot grenseverdiar gitt i løyver og lovverk, samt andre komponentar som kan ha miljømessig betydning. Programmet skal inngå i bedrifta sitt internkontrollsystem. Bedrifta skal innan 1. mars kvart år rapportere miljødata og eventuelle avvik for føregåande år via www.altinn.no. Miljødata omfattar blant annet produksjonsmengder, avfallsmengder, energiforbruk og resultat frå utsleppskontroll. Rapportering skal skje i samsvar med Miljødirektoratets veileidar til bedrifta si eigenrapportering.

Aktuelle måleparamerar for utsleppskontroll for gråbergsdeponiet vil være:

- Måling av vasskvalitet i avrenningsvatn frå gråbergsdeponiet til/frå sedimentasjonsbasseng
- Målingar av vasskvalitet i tilsigsvatn frå dagbrotet til sedimentasjonsbassenget.
- Bakgrunnsmålingar av vasskvalitet for tilsig til gråbergsdeponi.
- Kontrollmålingar av vasskvalitet i tilsig til Grytaelva for å sikre at diffuse utslepp ikkje finn stad
- Kontrollmåling av vasskvalitet i Grytaelva
- Online målingar av turbiditet (partiklar) i Gryta (kap. 10.2)
- Målingar av vannstand i Gryta
- Målingar av luftkvalitet (nedfallstøv) på aktuelle lokalitetar rundt gråbergsdeponiet
- Målingar av støy til omgjevnadane frå transport, tipping og dosing av stein i gråbergsdeponiet

Aktuelle måleparamerar for utsleppskontroll for sjødeponiet vil være:

- Måling av stoff (prosesskjemikaliar, prioriterte miljøgifter) i prosessavgang frå produksjon.

- Måling av stoff (prosesskjemikaliar, prioriterte miljøgifter) i sedimenter, biota og porevann i/rundt sjødeponiet.
- Måling av partikkelkonsentrasjonar ved i deponiområdet og ved deponigrensa og i vassøyla over utsleppet.
- Målingar av sedimentering av partiklar i og utanfor deponiområdet.

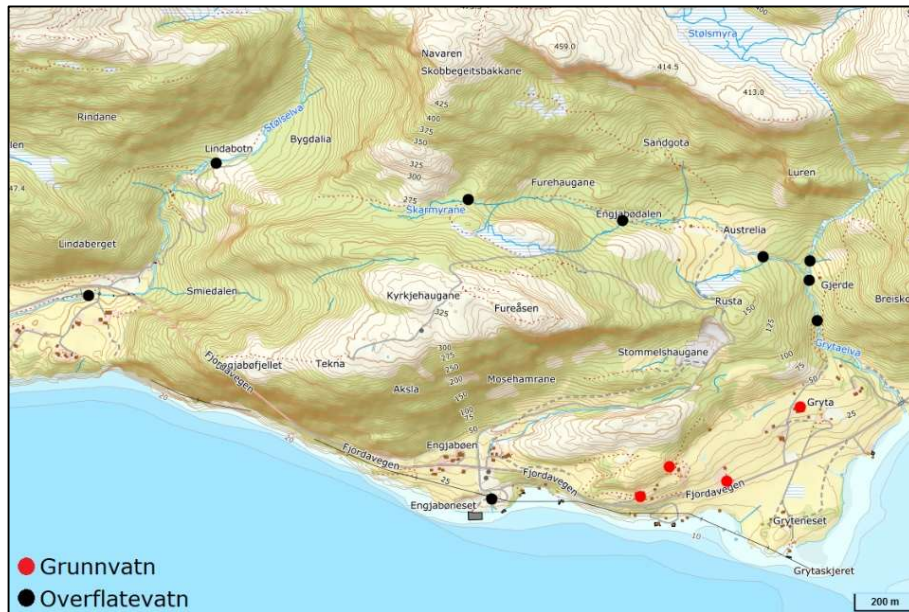
Program for utsleppskontroll vil utarbeidast og implementerast i bedrifta sitt internkontrollsystem. Målingane vil gjennomførast med en hyppigheit som sikrar at målingane er representative. Målingane vil gjerast av / i samarbeid med eksterne ekspertar og kvalitetssikrast jamleg. Dersom avvik avdekkast vil det være system for å sikre snarlege undersøkingar og tiltak.

Nordic Rutile meiner at overvåkingsprogrammet og program for utslippskontroll slik det er planlagt vil gje eit godt grunnlag for å kontrollere og vurdere effektar av bedrifta avfallsanlegga på miljø, naturmangfald og samfunn.

10.2 Overvaking i anleggsfasen

Bedrifta ser det som viktig at det føreligger gode grunnlagsundersøkingar for natur og miljø før oppstart av drift, slik at tilstanden i området før drift er god kjent. Sidan ein del av konsekvensutreiingane er av eldre dato gjennomfører Nordic Rutile nye grunnlagsundersøkingar i store delar av området minimum eitt år før driftsstart. Følgande undersøkingar, relevante for overvaking av deponia, er igangsett eller planlagt:

- Bakgrunnsverdiar for vasskvalitet i bekkar/vassdrag inkludert Grytaelva og Redalselva samt drikkevassbrønnar og grunnvatn
- Bakgrunnsverdiar for miljøgifter i jordprøver/sediment i gråbergsområdet
- Kartlegging av naturmangfald i området i og rundt gråbergsdeponiet.
- Kartlegging av naturmangfald i og rundt sjødeponiet inkludert gytefelt for torsk og strandsoneundersøking.
- Bakgrunnsverdiar for støy på land og i sjø.
- Bakgrunnsverdiar for luftkvalitet i området rundt gråbergsdeponiet
- Bakgrunnsverdiar for vasskvalitet (inkludert salinitet, partikkelinnhold og temperatur), straum og fjordsirkulasjon på ulike stasjoner i Førdefjorden.
- Bakgrunnsverdiar for miljøgifter i sedimenter og biota i sjødeponiområdet.



Figur 75 - Oversikt over lokaliteter prøvetatt for vassprøver



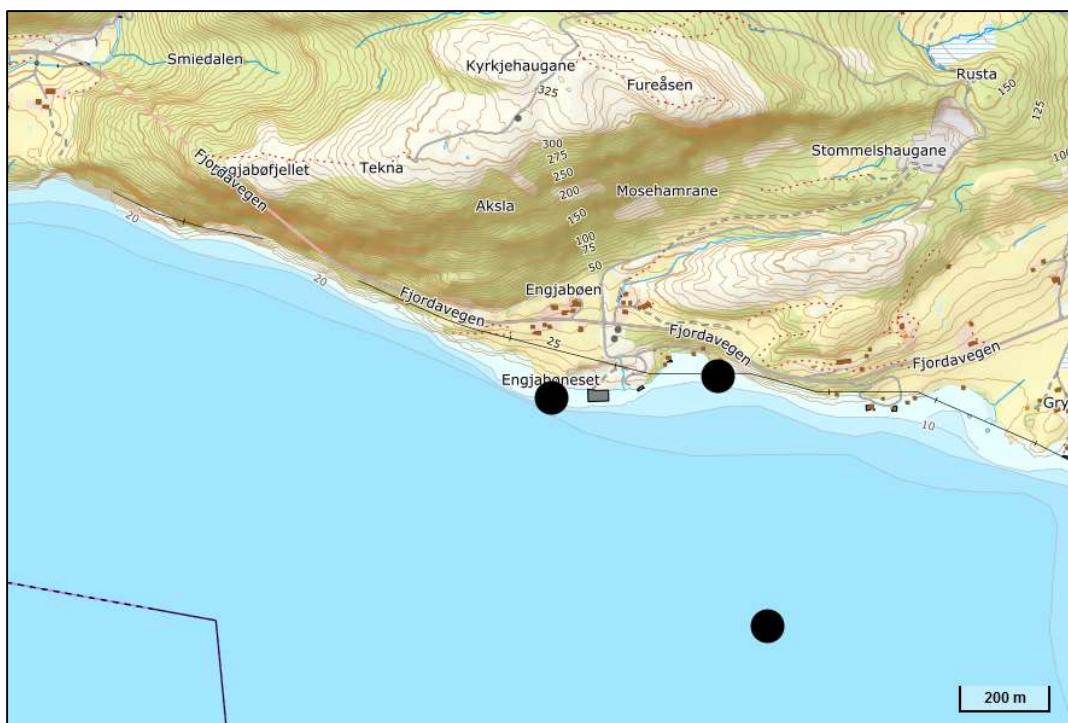
Figur 76 - Oversikt lokalitetar for prøvetatt for jordprøver i gråbergsdeponiområdet

Innsamla bakgrunnsdata er forventa å gje en god oversikt over før-tilstanden i og rundt deponiområda. Erfaringar og kunnskap frå måleprogramma vil også bringast over i overvaking i anleggs- og driftsfasen.

Det er ikkje stilt spesifikke krav i utslleppløyyet til miljøovervaking knytt til anleggsaktiviteten. I samarbeid med DNV har bedrifta utarbeida et overvaksingsprogram for anleggsfasa. Føremålet er å føre kontroll med bedrifta sin

miljø- og samfunns påverknad under anleggsfasa og dokumentere at lovverk og retningslinjer overhaldast. Overvaking omfatta:

- Målingar av partiklar i overflatevatn ved tre stasjoner rundt Engebø. Målsetninga er å kontrollere diffuse utslepp frå anleggsaktiviteten, samt utfylling av bukt for utviding av areal. Den eine målar er ein onlinemålar som kan lesast av kvart 10 minutt, og kor tiltak kan settast inn dersom forhøga partikkelinnhold blir detektert
- Målingar av nedfallstøv på fleire lokalitetar rundt anleggsaktiviteten
- Kontrollmålingar av støypåverknaden frå anleggsaktiviteten på land og i sjø (inkludert vurdering av potensielle effektar av vibrasjonar frå sprengingar på torsk, smolt og oppdrettsanlegg), sjå planlagde målestasjonar
- Kontrollmålingar av vasskvalitet i vassdrag og drikkevassbrønner
- Overvaking av påverknad på naturmangfald på land og i strandsona



Figur 77 - Oversikt lokalitetar med utplasserte målestasjonar for vasskvalitet



Figur 78 - Oversikt lokalitetar for utplasserte støvmålarar



Figur 79 - Oversikt over utplasserte støvmålarar per juni 2022

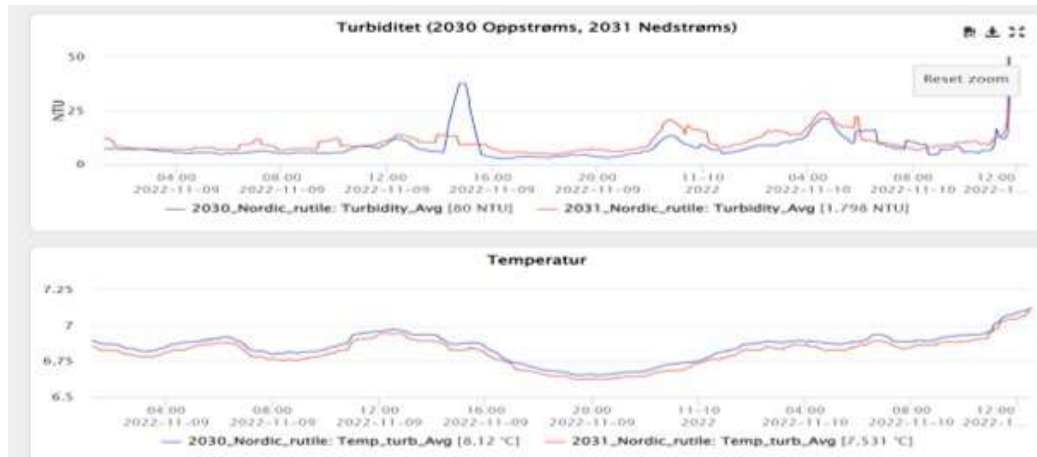


Figur 80 - Kart som viser utplassering av støymålarar i sjø for måling av støy og vibrasjonar

Dersom akseptable nivå overskridast for støv, partiklar eller vasskvalitet vil Nordic Rutile sette inn tiltak for å redusere effektane. Sjølv om overvaking ikkje er direkte relevant for oppfølging av deponia i driftsfasa vil det gi auka kunnskap om mogleg innverknad frå ulike aktivitetar og for utvikling av metodikk for ulike målingar. Figur 81 visar overvaksingsstasjonar for vatnkvalitet i Gryta. Med ein stasjon oppstrøms og ein nedstrøms frå Engebødalen. Det er satt ut 2 online målarar som kontinuerleg målar partiklar i vannet Figur 82.



Figur 81 - Online målestasjonar for vasskvalitet (turbiditet) i Gryta



Figur 82 - Turbiditetsmåling i Grytelva høsten 2022

Det er etter anbefaling frå Asplan Viak (2022e) satt ein konservativ grenseverdi for partiklar i Gryta på 25 NTU. Ovevakninga visar at vannkvaliteten er innanfor grensa med unntak av under ekstreme nedbørmengder som førte til flom. Tidsmessig var episodane begrensa til under eit døgn. Målingane av turbiditet i Gryta vil videreførast i drift saman med målingar av vatnstand for vurdering av periodar med tørke.

10.3 Overvaking etter drift

Etter avslutta drift vil det gjennomførast overvaking for å sikre at nedstenginga og rehabiliteringa av deponia er effektive for å møte målsetningane som beskrive i Kap. 8. Overvaksingsaktivitetane for gråbergsdeponiet inkluderer:

- Prøvetaking for vasskvalitet av grunnvatn og overflatevatn i og rundt gråbergsdeponiet inkludert prøvetaking av avrenningsvatn frå sedimentasjonsbassenget
- Visuell inspeksjon av gråbergsdeponiet av uavhengig ingeniør for å forsikre at området er stabilt og fri for erosjon
- Overvaking av planting og gjennomføring av nødvendig vedlikehald med målsetning om sjølvoppretthalding
- Kartlegging av naturmangfald i og rundt deponiområdet i samsvar med handlingsplan for naturmangfald

Overvaksingsaktivitetar for sjødeponiet vil inkludere:

- Prøvetaking av sedimentar og biota i og rundt sjødeponiet for undersøking av stoff (prioriterte stoff og prosesskjemikaliar)
- Kartlegging av naturmangfald i og rundt deponiområdet, inkludert reetablering av botndyrsamfunn i deponiet
- Målingar av naturlig sedimentering i deponiområdet
- Kartlegging av strukturar og stabilitet i deponiområdet ved hjelp av høgoppløyselig batymetri og visuell kartlegging

For å imøtekomme krav i utslippsløyvet vil det leggest opp til minst 15 år med overvaking av gråbergsdeponi og sjødeponi etter avslutta drift. Hyppigheita av

prøvetakinga vil reduserast over tid og etter behov. Generelt vil det leggast opp til ein frekvens som beskrive under:

- Månadleg dei første 6 månadane
- Kwart kvartal dei neste 18 månadane
- Årleg frå år tre til år 15 (perioden forlengast dersom det er behov og målsetningane for avsluttinga ikkje er innfridd)

Ytterlegare overvaksingsaktivitetar vil bli vurdert basert på framtidige evalueringar knytt til avsluttings- og rehabiliteringsplanen for prosjektet. Dokument for overvaking og vedlikehald av deponia etter avslutta drift vil bli ivaretatt av bedrifta og/eller ekstern konsulent (som er tildelt oppgåva med overvakinga) og stilles til disposisjon for myndigheitene etter ynskje og avtale.

11 REVISJON AV AVFALLSHANDTERINGSPLANEN

Avfallshandteringsplanen vil bli gjenstand for revidering minimum kvart femte år. Ved driftsendringar som inneber større endringar i drift av avfallsanlegga eller avfallsdeponering vil, avfallshandteringsplanen bli oppdatert. Selskapet vil gjennom kontrollrutinar, overvaking, eventuelle tilsyn og overordna driftsplanlegging kvalitetssjekke og evaluere planen årleg. Planen vil bli utarbeid i dialog med lokalsamfunn og lokale interessepartar. Vesentlege endringar og tillegg til planen vil bli oversendt Miljødirektoratet.

12 REFERANSAR

- Asplan Viak (2012) Engebøfjellet landdeponi
- Asplan Viak (2018) Geotechnical investigations Engebø
- Asplan Viak (2022a) Waste rock Deposit
- Asplan Viak (2022b) Vannbalanse
- Asplan Viak (2022c) Vurdering stabilitet gråbergsdeponi
- Asplan Viak (2022d) Konsekvensvurdering Grytelva
- Asplan Viak (2022e) Notat Grenseverdier utslipp i Gryta
- Axe Valley Mining (2020) Geotech Notes for the record - A Component of the OP DFS Update & UG Pre-Feasibility Study
- Axe Valley (2021) Engebø Underground Mining
- Axe Valley Mining (2023) Underground-Only Mining: Backfill Evaluation
- Biologge (2010) Vurdering av eklogittavgang som tildekkingsmasse over forurensede sedimenter
- COWI (2019) Engebø Discharge of Tailings. Revised Feasibility Study, 1.5 Mt/y, September 2019.
- DHI (2012) Establishment of Guidelines for the inspection of mining waste facilities, inventory and rehabilitation of abandoned facilities and review of the BREF document No. 070307/2010/576108/ETU/C2. Annex 2, Guidelines for the Inspection of Mining Waste Facilities, April 2012.
- DNV (2014a) Strøm- og hydrografimålinger
- DNV (2014b) Marinbiologisk tilleggsundersøkelse i Førdefjorden
- DNV (2018) Miljøovervåkningsprogram
- DNV (2019) Miljøegenskaper til prosesskjemikalier i Nordic Rutiles produksjon av rutil og granat
- DNV (2020) Dokumentasjon for miljøegenskaper til stoffet SIBX – sammendrag
- DNV (2022) Microplastic in sediments and fauna. Offshore and inshore
- EU (2018) European Commission Reference Document on Best Available Techniques for Management of Waste from the Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC
- Flaathen Loe og Aabaagard (2013) Deponering av avgangsmasser fra gruveindustrien – på land eller i vann? Mineralproduksjon 4 (2013) A31-A44
- Hatch (2017) Feasibility Study
- Hatch (2020) Definitive Feasibility Study

Hatch (2021) Nordic Mining Engebø Rutile and Garnet Updated Definitive Feasibility Study

Hatch (2023) Underground-Only mining - Back fill evaluation

HI (2008) Dypvannsfisk i Førdefjorden

ICMM (2019) Integrated Mine Closure Good Practice Guide 2nd Edition and

ICMM (2020) Supporting closure maturity framework

JORC Code (2012) Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (jorc.org)

NIVA (2008a) Dyrelivet på bunnen av Førdefjorden og bunnsedimentenes sammensetning.

NIVA (2008b) Undersøkelse for å avdekke eventuelle forekomster av korallrev ved Engebøfjellet, Naustdal kommune.

NIVA (2012) Delrapport: Miljømessige fordeler, ulemper og risiko ved landdeponering

NILU (2009) Støv fra Engebøprosjektet

Nordic Mining (2012) Vurdering av alternativer til sjødeponi

Nordic Rutile (2021) - Annual generation of waste buildup_drawdown of stockpile.xlsx

NVE (2022) NVE si vurdering av fråføring av delar av nedbørfeltet til Grytelva, Sunnfjord kommune i Vestland (NVE ref 202213442-5)

MAREANO (2018) Pilotprosjekt på mikroplast- resultater og forslag til videre arbeid

Minviro (2022) Prospective Life Cycle Assessment Study of Nordic Mining's Natural Rutile Project at Engebø

Miljødirektoratet (2012) T-1520

Miljødirektoratet (2021) Revidert tillatelse til virksomhet etter forurensningslovet for Nordic Rutile AS

Kilde Akustikk (2009) Støyvurdering og lydbilder

SINTEF (2014a) Strømmodellering med SINMOD I Førdefjorden

SINTEF (2014b) Simuleringer av partikkelspredning i Førdefjorden fra planlagt sjødeponi

SINTEF (2016) Fibre analysis

SINTEF (2017) Numerical model for underground stopes – Stress Study

SINTEF (2020) Modelling of spreading of SIBX from mine activity in Førdefjorden

SINTEF (2020) DREAM modelling in Førdefjorden - Alternative discharge points

SINTEF (2021) Rapport fiber-analyser

SRK (2020) ENGEBØ OPEN PIT FEASIBILITY STUDY - MINING GEOTECHNICS

SRK (2020) Greenhouse Gas Inventory Updated Calculation

SRK (2022) Greenhouse Gas Benchmarking of the Engebø Project with Titanium Dioxide Producers

SRK (2023) Site-Wide Water Balance for the Engebø Rutile and Garnet Project in Vestland, Norway

Wardell Armstrong (2016) Slope design report

Wheeler (2018) Resource estimate

Wheeler and Dowell (2009) Scoping Study Engebø Project

Øen og Ishimwe (2020) Fra gruveavfall til produkt for byggenæringen. Bacheloroppgave Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap. Institutt for byggfag. Høgskulen på Vestlandet