

Fabian Vaa Edvardsen
Runar Jacobsen

Deep Sea Mining

Et nødvendig ledd i EUs energiomstilling?

Bacheloroppgave i Nautikk
Veileder: Tron Resnes
Juni 2022

Fabian Vaa Edvardsen
Runar Jacobsen

Deep Sea Mining

Et nødvendig ledd i EUs energiomstilling?

Bacheloroppgave i Nautikk
Veileder: Tron Resnes
Juni 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Oppgavetekst

Verden er på vei inn i et grønt skifte, og med det så øker behovet ulike mineraler. Gruvedrift har vært en kjent industri i århundrer, men råvarene som utvinnes er ikke ubegrensede. Med over 70% av jordkloden dekket av vann og en global industri i omstilling grunnet blant annet det grønne skiftet og geopolitisk uro, så vil det være desto høyere behov for mineralressurser.

Dypvannsgruvedrift kan kanskje være løsningen på et langsiktig globalt behov til kritiske mineraler? Norge har verdens 2. lengste kystlinje med tilhørende havområder som allerede har nytt den norske økonomien godt gjennom fiskeri og petroleumsvirksomhet. Om dypvannsgruvedrift skal bli aktuelt på norsk kontinentalsokkel, så må omfanget av utvinnbare materialer kartlegges med hensyn til de eventuelle miljøkonsekvensene utvinningen kan føre til.

I oppgaven skal studentene undersøke, utrede og trekke konklusjoner av blant annet:

- Hva er dypvannsgruvedrift og hvordan fungerer det?
- Hvilke globale mineralforekomster påvirker miljøet i størst grad, hva har det å si for Norge.
- Trenger verden og Norge dypvannsgruvedrift?
- Vil dypvannsgruvedrift bli nødvendig for å nå klimamålene?

Besvarelsen skal redigeres mest mulig som en forskningsrapport med sammendrag, konklusjon, referanseliste, kildekritikk, etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal det legges vekt på å gjøre den så kort og oversiktlig, presis og etterrettelig som mulig. Oppgavens omfang skal reflektere en arbeidsbelastning på 15 studiepoeng for hver av studentene.

Forord

Bacheloroppgaven er skrevet i forbindelse med avsluttende studie innen Nautikk ved institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk underlagt fakultet for ingeniørvitenskap, ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Ålesund.

Problemstillingen for oppgaven er utarbeidet i samarbeid med Frank Hendrikse, skipsmegler og avdelingssjef hos Hagland Shipbrokers.

Vi ønsker å rette en stor takk til:

Veileder Tron Resnes, for god oppfølging, tilgjengelighet og veiledning under skriving av oppgaven.

Frank Hendrikse hos Hagland Shipbrokers for hjelp i utarbeidelse av tema for oppgaven.

Steinar Løve Ellefmo, førsteamanuensis ved instituttet for geovitenskap og petroleum, for økt forståelse av tema og ulike pågående prosjekter.

Sammendrag

Dette hovedprosjektet tar for hvordan dypvannsgruvedrift fungerer; om det er et globalt og nasjonalt behov for dypvannsgruvedrift; hvilke globale mineralforekomster som påvirker miljøet i størst grad samt hva det har å si for Norge og ikke minst hvordan det vil påvirke klimamålene fastsatt av FN.

Verden er på vei inn i et grønt skifte, og med det så øker behovet ulike mineraler. Gruvedrift har vært en kjent industri i århundrer, men råvarene som utvinnes er ikke ubegrensede. Med over 70% av jordkloden dekket av vann og en global industri i omstilling grunnet det grønne skiftet og geopolitisk uro, så vil det være desto mer behov for økt produksjon av mineralressurser.

Resultatene fra hovedprosjektet om dypvannsgruvedrift, viser at Norge har gode forutsetninger med hensyn til kontinentalsokkelen og dets sannsynlige ressurser. Det sees et stort videre behov for økt produksjon av de mineralressursene som er å finne i de ulike mineralforekomstene. Spesielt med hensyn til nåværende politiske spenninger, samt EUs mål om netto nullutslipp innen 2050. Det er et stort vakuum i behovet for mineraler i årene mot 2040 for å oppnå de avtalte klimamålene, og dypvannsgruvedrift kan trolig fylle dette vakuemet.

Summary - Abstract

This project addresses how deep-sea mining operates; whether there is a global and national need for deep-sea mining; which global mineral deposits affect the environment to the greatest extent and what it has to say for Norway, and not least how it will affect the climate goals set by the UN.

The world is entering a green shift, and with it the need for various minerals increases. Mining has been a well-known industry for centuries, but the raw materials extracted are not unlimited. With over 70% of the globe covered by water and a global industry in transition due to the green shift and geopolitical unrest, there will be all the more need for increased production of mineral resources.

The results from the project on deep-sea mining, show that Norway has good conditions with regard to the continental shelf and its probable resources. There is a great need for increased production of the mineral resources that can be found in the various mineral deposits. Especially with regard to current political tensions, as well as the EU's target of net-zero emissions by 2050. There is a large vacuum in the need for minerals in the years towards 2040 and to achieve the agreed climate goals, deep-sea mining could potentially fill this vacuum.

Akronymer

AHK	Aktiv Hiv Kompensasjon
CRC	Cobalt-rich ferromanganese crust, manganskorper
DNV	Det Norske Veritas
DP	Dynamisk Posisjonering
EU	Den europeiske union
GSR	Global Sea Mineral Resources
IEA	International Energy Agency
ISA	International Seabed Authority
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
LARS	Launch And Recovery System
NOK	Norsk krone
NTNU	Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet
OD	Oljedepartementet
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PMN	Polymetallic Manganese Nodules, mangannoduler
REE	Rare Earth Elements
REY	Rare Earth Elements and Yttrium, sjeldne jordarter og yttrium
SDS	Sustainable Development Scenario
SMS	Seafloor Massive Sulphide, massive sulfidmalmforekomster
STEPS	Stated Policies Scenario
VTS	Vertical Transport System

Innholdsfortegnelse

Oppgavetekst.....	I
Forord.....	II
Sammendrag	III
Summary - Abstract	IV
Akronymer	V
Kapittel 1 Introduksjon	1
1.1 Innledning	1
1.2 Bakgrunn for oppgaven.....	2
Kapittel 2 Teori – Hva er dypvannsgruvedrift og hvordan fungerer det?	3
2.1 Innledning	3
2.2 Utvinnbare mineraler	3
2.2.1 Generelt.....	3
2.2.2 Massive sulfidforekomster (SMS)	4
2.2.3 Koboltrike- eller polymetalliske manganskorper (CRC)	5
2.2.4 Mangannoduler (PMN).....	6
2.3 Utvinnbare områder i Norge	8
2.3.1 Den midtatlantiske ryggen	9
2.4 Utvinningsmetoder av mineralforekomstene	10
2.4.1 Utvinning av mangannoduler.....	11
2.4.2 Utvinning av havbunnssulfider	12
2.4.3 Utvinning av Koboltrike- eller polymetalliske manganskorper	13
2.5 Utvinning- og produksjonssystemer	14
2.5.1 Produksjonsfartøy	14
2.5.2 Vertikale transportsystemer (VTS)	15
2.5.3 LARS (Launch and Recovery System).....	15
2.5.4 Håndtering av stigerør.....	16
2.5.5 Kransystem	17
2.5.6 Avvanningsanlegg.....	17
2.5.7 Returvann.....	17
2.5.8 Lossesystem	18
2.8 Den internasjonale havbunnsmyndigheten (ISA)	18
Kapittel 3 Metode og organisering.....	19
3.1 Oversikt.....	19
3.2 Forkunnskap og litteraturstudie	19

3.3 Metode	20
3.4 Kvalitativ innholdsanalyse.....	20
3.5 Bakgrunn for unnlattelse av spørreundersøkelse.	20
3.6 Verifisering av innhentet data og kildenes kredibilitet	21
Kapittel 4 Diskusjon.....	22
4.1 Innledning	22
4.2 Hvilke mineralforekomst kan gi størst miljøkonsekvens å utvinne og hvordan påvirker det Norge som en mulig utvinner?.....	23
4.2.1 Oversikt.....	23
4.2.2 Mineralforekomstene	23
4.2.3 Miljøpåvirkninger fra utvinningsaktiviteter	24
4.3 Vil dypvannsgruvedrift bli nødvendig for å oppnå klimamålene?.....	27
4.3.2 Nåværende produksjons- og ekstraheringsutfordringer for mineraler på landbaserte gruveanlegg.....	30
4.3.3 Geopolitisk risiko.....	33
4.3.4 Nåværende status for de kritiske mineralene	34
Kapittel 6 Konklusjon	36
Litteraturliste / Referanser	37

Kapittel 1 | Introduksjon

1.1 Innledning

Temaet vi har valgt for denne bacheloroppgaven er dypvannsgruvedrift. Innenfor temaet har vi valgt å se på ulike problemstillinger knyttet til utvinning av havbunnsmineraler. Den primære årsaken til vi har valgt dette temaet og den aktuelle problemstillingen er på bakgrunn av, vi har sett et økende globalt råvarebehov, og Norge innehar en samt ønsker å se på om dette kan være noe som med i å bidra til norske arbeidsplasser.

Oppgaven vår bærer dog, stort preg av usikkerhet. Temaet vi har valgt er i tidlig fase, og oppgaven bærer i likhet med sektoren preg av stor usikkerhet knyttet til hvordan dypvannsgruvedrift kan løses med et respektivt hensyn til miljøpåvirkning, hvilke teknologiske løsninger som vil fungere best og ikke minst mengden ressurser som faktisk er utvinnbare på norsk og global sektor.

Vi har basert oppgaven på den teoretiske informasjonen som var tilgjengelig i den perioden oppgaven ble skrevet. Oppgaven er i stor grad preget av informasjonsinnhenting fra anerkjente kilder hvor vårt mål, har vært å «pusle sammen» ulike informasjonskilder for å oppnå best mulig forståelse av temaet. 2. juni 2022 offentliggjør OD (Oljedepartementet) og Universitetet i Bergen geofysiske data og resultater fra flere sulfid- og manganskorpeanalyser. Dataen og resultatene fra undersøkelsene vil i stor grad påvirke aktualiteten av dypvannsgruvedrift i Norge, hvilke områder som er potensielt aktuelle for utvinning, samt relevante teknologiske løsninger. Videre gjenspeiler det samme seg i globale oversikter av mineralforekomster. Det forekommer spesifikt lite data på størrelser av funn samt funnkvaliteten.

1.2 Bakgrunn for oppgaven

Dypvannsgruvedrift er et tema som ble primært valgt på basis av to grunner; nasjonalt og globalt behov.

Norges handelseksport domineres hovedsakelig av to sektorer. Eksport av petroleumsprodukter og fiskeri. I 2021 eksporterte Norge for rekordhøye NOK 1 377,8 mrd., hvorav olje og gass sto for over 60% av eksporten (SSB, 2022). Petroleumsressursene er ikke uendelige, og Norge bør derfor vurdere andre alternativer til eksportvarer for årene som kommer.

Petroleumssektoren har i flere tiår vært ryggraden i den norske økonomi. Siden 2005 har den norske oljeproduksjonen vært synkende, og enda oljeprisen i første halvdel av 2022 har ligget over 100 dollar, er det ikke en ubegrenset ressurs. Dessuten har oljeprisen vært veldig volatil de siste årene. Oljekrisen i 2014-2015 og COVID-19 pandemien viste hvor sårbare oljeselskap, verftsindustrien, offshorerederiene og oljeserviceselskap m.m. var for oljeprisen. Dypvannsgruvedrift kan kanskje være med å gi den økonomiske ryggraden til Norge flere ben å stå på.

Det globale behovet for naturressurser ble betydelig mer synliggjort med de stigende prisene i 2021-2022, hvor inflasjon og geopolitiske hendelser drev ulike råvarepriser flere hundre prosent opp.

Selve gruvedriften har eksistert på jorda i flere tusen år. Jordens ressurser er ikke ubegrensede, og med over 70% av jordoverflaten dekket av vann, må gruvedrift på et tidspunkt også utføres på det dype hav. Norges havområder er syv ganger større enn dets landareal og Norge besitter ikke minst ledende spisskompetanse fra flere tiår med drift i petroleumssektoren. Derav ønsket vi å undersøke om Norge bør ta en ledende posisjon i utvinning av havbunnsmineraler.

Kapittel 2 | Teori – Hva er dypvannsgruvedrift og hvordan fungerer det?

2.1 Innledning

I dette kapitlet vil temaet «Dypvannsgruvedrift» bli gjort rede for. Formålet er å øke leserens forståelse og innføre grunnleggende kunnskap rundt temaet. Kapitlet tar først for seg de mineralene som er av interesse å utvinne, en oversikt over utvinnbare områder i Norge vil bli gitt. Utvinningsmetodene for mineralene vil deretter bli presentert, hvor en da går i dybden for hvilken utvinnings- og produksjonssystemer som tas i bruk.

2.2 Utvinnbare mineraler

2.2.1 Generelt

Forekomster av mineraler under vann deles i to ulike kategorier. Det er en prinsipiell forskjell på marine mineralforekomster og dypmarine mineralforekomster. Marine mineralforekomster finnes innenfor kontinentalskråningen, vs. dypmarine som er stort sett utenfor kontinentalskråningen.

Mineraler som finnes innenfor kontinentalskråningen, har normalt sett forekommet som resultat av forvitningsprosesser og erosjon på land. Utenfor kontinentalskråningen finnes det tre ulike hovedtyper av mineralforekomster. Alle tre har til felles at dem oppstår som resultat av prosesser på havbunnen og i havvannet.

Hovedtypene av dypmarine mineralforekomster

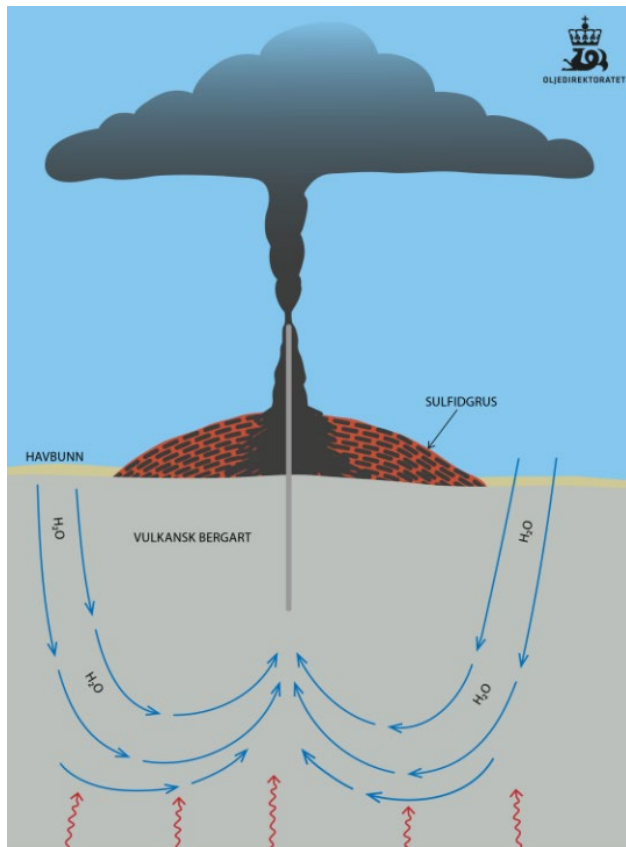
- Massive sulfidforekomster (SMS)
- Koboltrike- eller polymetalliske manganskorper (CRC)
- Polymetalliske mangannoduler (PMN)

Fellesnevneren for alle de tre ulike hovedtypene er at de er polymetalliske, noe som vil si at de inneholder flere ulike metaller. Oljedirektoratet har på vegne av regjeringen utført undersøkelser og prøver i samarbeid med Universitetet i Bergen. De undersøkelsene og prøvene som har blitt utført på norsk sokkel har identifisert forekomster av sulfider (SMS) og manganskorper (CRC) på havbunnen, men ikke mangannoduler. (DNV, 2021)

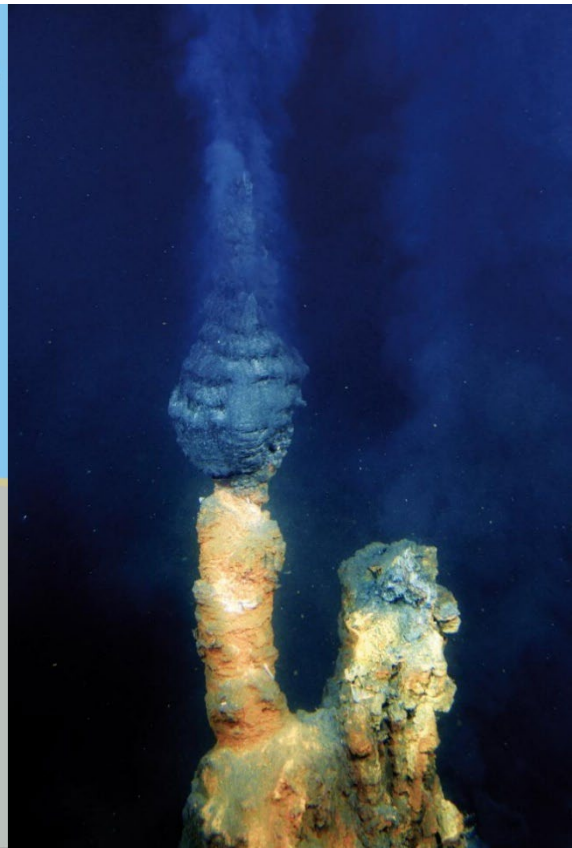
2.2.2 Massive sulfidforekomster (SMS)

Sulfider er en syredannet bergart som skapes naturlig og er en svovelforbindelse med ulike grunnstoffer. Sulfidforekomstene inneholder i hovedsak sink, kobber, bly, sølv og gull.

Det finnes ulike eldre sulfidforekomster i gruver på land, men også nye sulfider som dannes i den midtatlantiske vulkanske spredningsryggen.



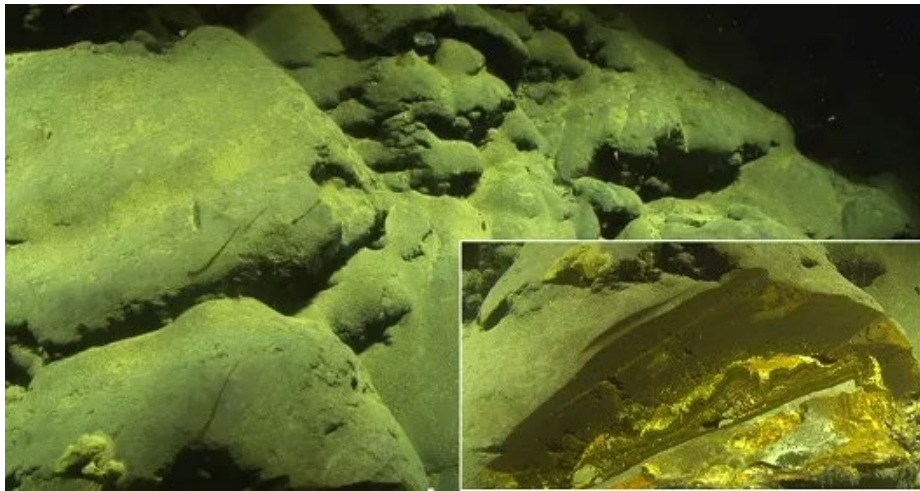
Figur 1 - Prinsippskisse dannelsen av sulfidforekomster
(Foto: OD)



Figur 2 – Hydrotermal skorstein
(Foto: JAMSTEC/GNS Science/NIWA)

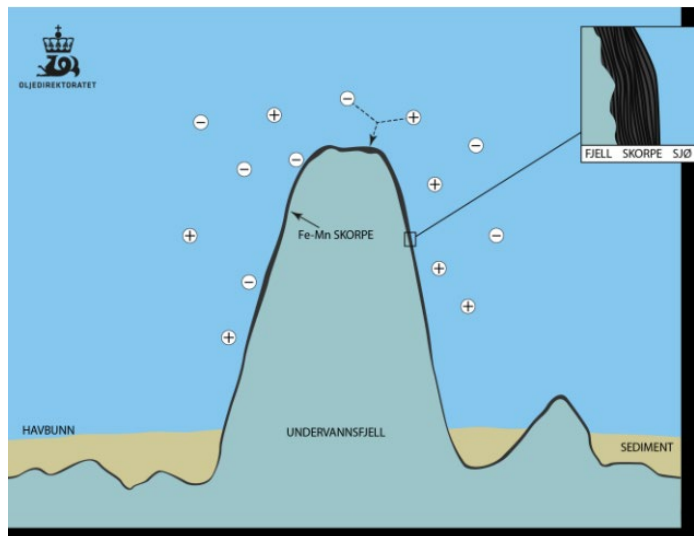
På havbunnen ved aktive vulkanske områder der jordskorpa sprekker og danner åpninger, siver sjøvann nedover mot magmakamre. Etterfulgt blir vannet varmet opp til 3-400 grader og sprutes opp igjen mot havoverflaten hvor vannet da trekker med seg mineraler og metaller som følge av vannets temperatur avsettes til slutt og blir til fast form når det på vei oppover møter det kalde sjøvannet. Den faste massen omtales som en hydrotermal sulfidskorstein og kan bli flere meter høy før den til slutt raser sammen og danner grushauger (Haugan, 2013) (Oljedirektoratet, 2021).

2.2.3 Koboltrike- eller polymetalliske manganskorper (CRC)



Figur 3 - Fjellskråning dekket av manganskorpe. Markert del viser 20 cm snitt gjennom skorpen (Foto: Rolf B. Pedersen)

På havdypet mellom 400-4000 meter i områder med redusert sedimentasjon og med underlag av fast fjell kan en finne manganskorper. Manganskorpenes dannes ved at ulike metaller i sjøvannet med tiden utfelles og avsettes på berggrunnen. Prosessen er langvarig og normalt vokser manganskorpen i tykkelse mellom 1-5 mm per million år. Tykkelsen på manganskorpefunn er normalt mellom 5-10 cm, men kan også være over 20 cm tykk (Oljedirektoratet, 2018).



Figur 4 - Prinsippskisse dannelse av manganskorpe (Foto: OD)

Polymetalliske manganskorper inneholder mest mangan og jern, men også mindre mengder titan, kobolt, nikkel, cerium, zirkonium og andre sjeldne jordarter (Oljedirektoratet, 2018).

2.2.4 Mangannoduler (PMN)



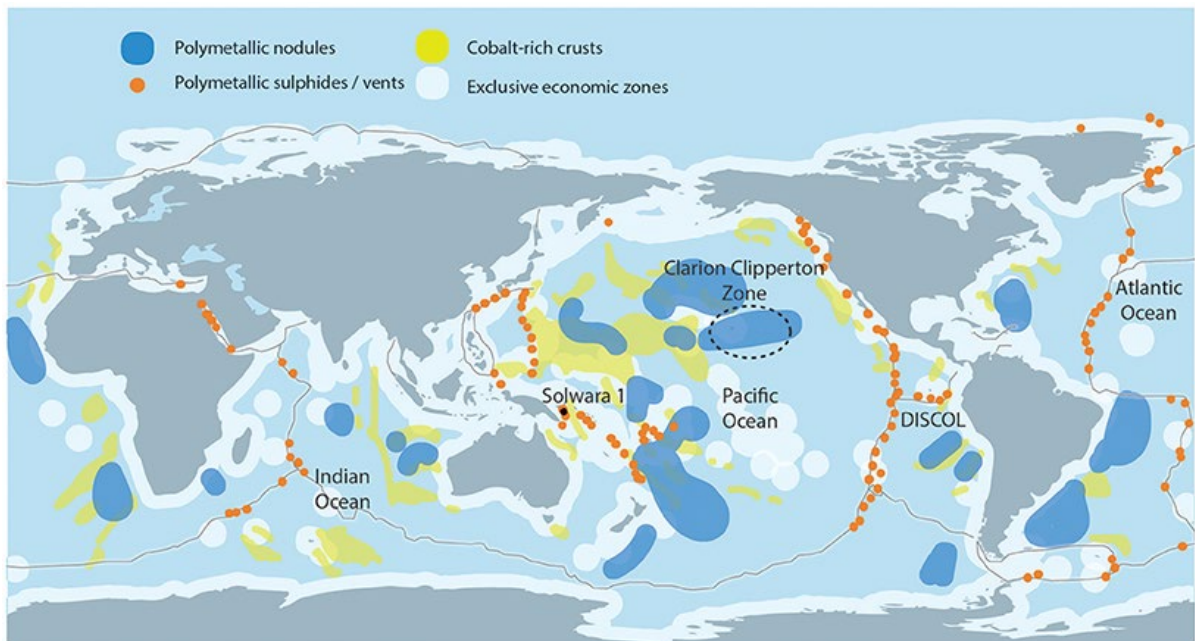
Figur 5 - Mangannoduler på havbunnen sørøst av USA (Foto: NOAA 2019)

Mangannoduler (også kalt manganknoller) er steiner på størrelsen av en valnøtt som er oppbygd som en løk og er bygget opp av ulike lag i hovedsak bestående av mangan og jern med mindre mengder kobber, kobolt, nikkell, titan, platina og andre sjeldne jordarter (Oljedirektoratet, 2018).

Mangannoduler vokser på tilsvarende måte som manganskorpen, men avsettes på en kime (nuklide) og ikke på fast fjell (berggrunn). En kime fungerer som en kjerne for mangannodulen og kan eksempelvis være et sandkorn. I likhet med manganskorpen så er dannelsesprosessen lang og mangannoduler vokser kun mellom 1-4 mm per million år. (Oljedirektoratet, 2018)



Figur 6 - Bilde av en mangannodul (Foto: Ukjent)



Figur 7 - Illustrasjonen viser ulike forekomster for mineralforekomster. (Foto: Unsplash)

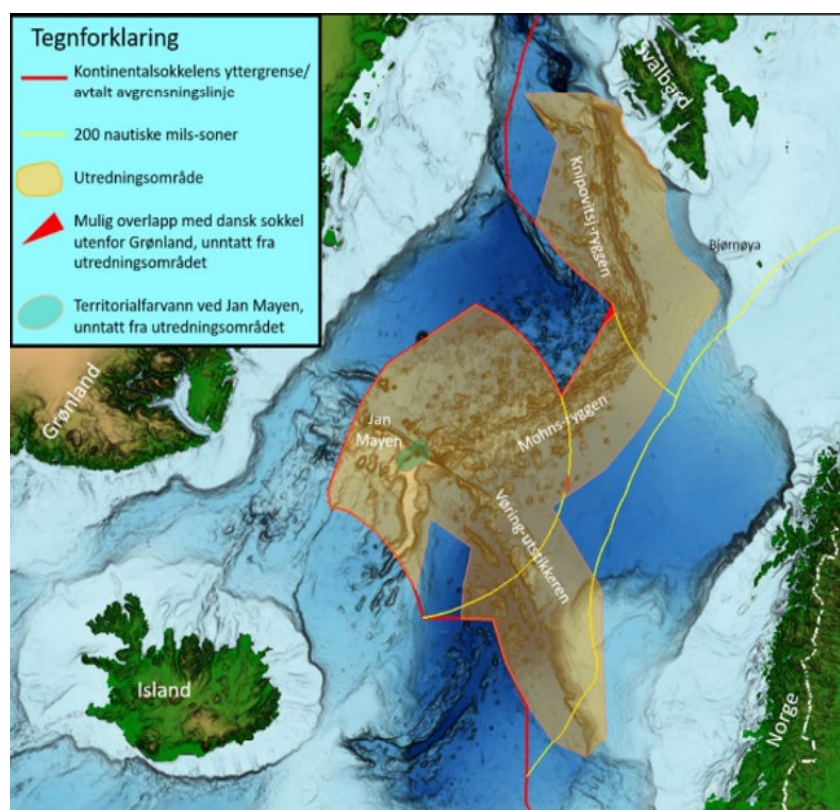
Mangannoduler oppstår i havområder som har lite sedimenter fra land. Den nordlige og sørlige del av Stillehavet, det Indiske Hav og den sørligste del av Sør-Atlanterhavet, er de områdene med høyest konsentrasjoner av mangannoduler. (Luyendyk, 2011)

Mangannoduler forventes imidlertid ikke å finnes på norsk kontinentalsokkel. Havområdene som ligger mellom Grønland og Norge forstyrres av for mye sedimenter grunnet den korte avstanden mellom dem, og manganknollene får ikke tid til å vokse der, ifølge seniorgeolog Harald Brekke fra OD (Barentswatch, 2018).

2.3 Utvinnbare områder i Norge

Den norske regjeringen vedtok høsten 2020 en åpningsprosess og konsekvensutredningsprogram for kartlegging av norske havbunnsmineraler. I prosessen har og skal oljedirektoratet videre utarbeide en ressursvurdering av de norske mineralforekomstene.

Oljedirektoratet har utarbeidet en oversikt over den norske kontinentalsokkelen på hvor det foreligger de rette betingelsene for at sulfider og manganskorper skal kunne forekomme. Oversikten til OD beregner at området som er aktuelt å søke i er på ca. 592 500 km², ifølge konsekvensutredningsprogrammet som var til høring i januar 2021 (Olje- og energidepartementet, 2021).



Figur 8 – (Foto: Olje og Energidepartementet)

Norge er plassert på den eurasiske kontinentalplaten. Utredningsområdet markert i brunt viser hvor Norge utreder mulighetene samt konsekvensene knyttet til dypvannsgruvedrift.

I utredningsområdet har det hovedsakelig blitt undersøkt langs Mohnsryggen mellom Jan Mayen og Bjørnøya og nordover, samt Knipovichryggen. I tillegg er det funnet forekomster av manganskorpe innenfor utredningsområdet på dyphavsområdene, samt på Vøringplatået og utstikkeren mot Jan Mayen (DNV, 2021).



Figur 9 - Illustrasjon av den midtatlantiske ryggen. (Foto: Heezen, B. Tharp, M., 1968)

2.3.1 Den midtatlantiske ryggen

Den midtatlantiske ryggen (også kalt Atlanterhavsryggen) oppsto for rundt 5.5 millioner år siden og strekker seg fra Nordishavet til Sørishavet og er skillet mellom den eurasiske og nordamerikanske kontinentalplaten. Ryggen er skapt som et resultat av en divergerende plategrense og vulkanaktiviteten langs ryggen har blant annet skapt Jan Mayen og Island (NORSAR, u.d.).

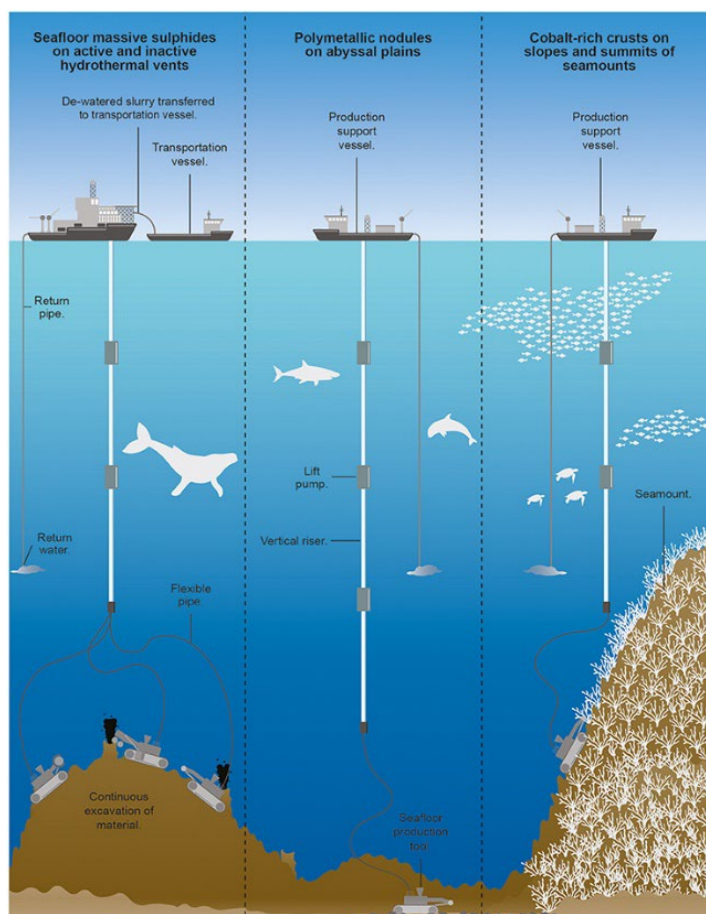
2.4 Utvinningsmetoder av mineralforekomstene

Det er på havbunnen selve utvinningen vil ta sted. Primært sett er det tre mineralforekomster som er av økonomisk interesse å utvinne. Utvinningsmetoden som tas i bruk for å utvinne disse vil variere fra hverandre, av den grunn må det tas i bruk forskjellige havbunnskjøretøy. En oversikt vil bli gitt over hvordan mineralutvinningen mulig vil se ut frem i tid. Figur 3 viser en illustrasjon over hvordan mineralutvinningen vil foregå for de tre primære mineralforekomstene (Miller, et al., 2018).

Prosessen for utvinningen av mineralforekomstene kan en deles i 6 punkter.

1. Lokalisering av område hvor mineralforekomsten befinner seg.
2. Mobilisering av produksjonsfartøy, vertikal transport system og utvinningskjøretøy.
3. Innhøsting av mineralforekomsten.
4. Vertikal transport av råvaren til produksjonsfartøy.
5. Produksjon og ferdigstilling av råvaren.
6. Horisontal transport av produkt til land.

Likhetstrekkene for utvinningen av mineralforekomstene er mangt, det som hovedsakelig skiller utvinningsmetodene, er punkt 3.



Figur 10 – Illustrasjon over hvordan mineralutvinningen vil foregå for de tre primære mineralforekomstene. (Miller, et al., 2018)

2.4.1 Utvinning av mangannoduler

Av de tre primære mineralforekomstene, viser mangannoduler å være av størst interesse kommersielt sett. Det jobbes i dag med utvikling av teknologi som skal gjøre utvinningen mulig. Ingen har utviklet lignende teknologi før, av den grunn blir det gjort flere pilotprosjekter globalt for innhenting av data rundt havbunnsedimentet mangannodulene hviler på, samt topografisk kartlegging av terrenget rundt. Figur 11 viser havbunnskjøretøyet som er utviklet av Global Sea Mineral Resources. Disse kjøretøyene skal stå for innhøstingen av mangannoduler. Mangannodulene ser ut som poteter som ligger på overflaten havbunnen, så vil det være mulig for kjøretøyene å feie over/suge opp mangannodulen fra havbunnen ved hjelp av et innsugningssystem. Videre blir råvaren fraktet fra havbunnskjørteøyet og pumpet videre opp til produksjonsfartøyet ved havoverflaten (Bruyne, et al., 2022).



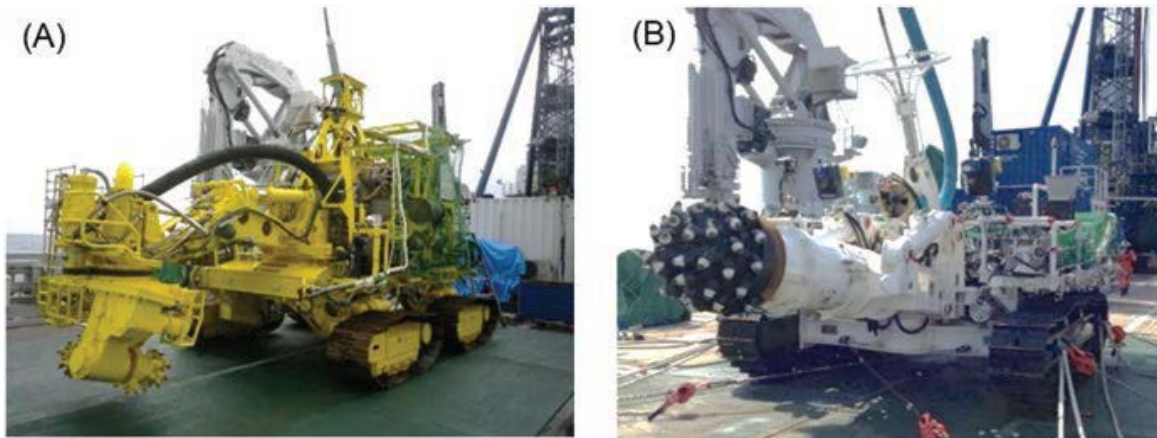
Figur 11 - Havbunnskjøretøyet Patania II, utviklet av GSR. I Forkant av kjøretøyet (til venstre i bildet) er det montert oppsugingslanger som høster inn mangannodulene. (Bruyne, et al., 2022)

2.4.2 Utvinning av havbunnssulfider

Topografien som omgir de metalliske sulfidene, kan være mer utfordrende å operere i enn omgivelsene som vi ser ved mangannodulene. Sulfidene befinner seg på vulkanske spredningsrygger, og derfor er utvinningsmetoden noe annerledes enn ved mangannoduler. For innhøsting av sulfider må en lokalisere et område som er rikt av forekomsten, neste steg er mobilisering av utstyr og låring av havbunnskjøretøylene. Rent praktisk må en ta i bruk to ulike havbunnskjøretøy for å gjøre utvinningen mulig.

- A. kjøretøy som bryter ned og høster inn råvaren.
- B. kjøretøy som tilrettelegger innhøstningsområde

Når kjøretøy (B) har flatet ut utvinningsområdet og tilrettelagt forholdene som gjør at innhøstningen kan begynne, iverksetter kjøretøy (A) innhøstingen av råvaren. Når sulfidene er samlet opp, blir sulfidmassen transportert til produksjonsfartøyet ved havoverflaten (Kawano & Furuya, 2021).



Figur 12 - Havbunnskjøretøy for utvinning av havbunnsulfider

2.4.3 Utvinning av Koboltrike- eller polymetalliske manganskorper



Figur 13 - Loke minerals konsept av havbunnskjøretøyet for utvinning av manganskorper

Koboltrike- eller polymetalliske manganskorper er en krevende mineralforekomst å utvinne. Forekomsten befinner seg på bratte fjellvegger, ofte omringet av et rikt økosystem. Det har skapt vesentlige utfordringer for utviklingen av utvinningsmetoder av hensyn til økosystemene.

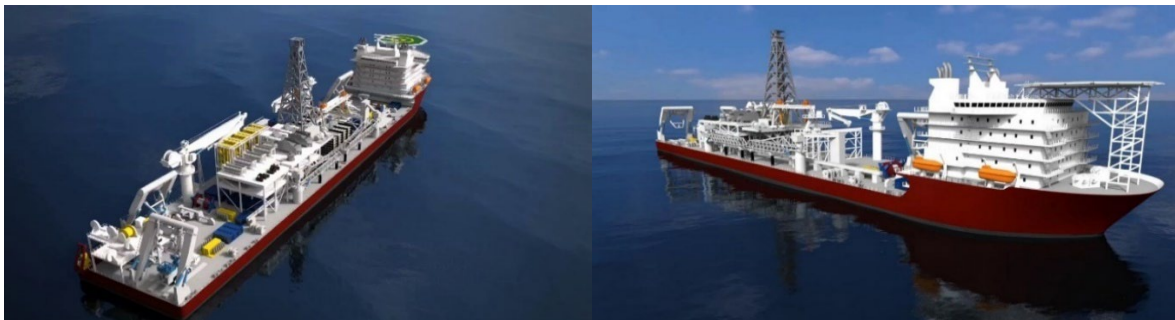
Havbunnskjøretøyet som skal stå for innhøstingen av manganskorper, må kunne operere i svært krevende omgivelser. Omgivelsene kan bestå av bratte fjell og ujevnt terreng. I tillegg skal kjøretøyet kunne skåne økosystemet som befinner seg rundt mineralforekomsten. Figur 13 viser en illustrasjon over hvordan utvinningen mulig vil se ut. (DNV, 2021)

2.5 Utvinning- og produksjonssystemer

2.5.1 Produksjonsfartøy

For styring av utvinningsoperasjonen, vil et produksjonsfartøy/moderfartøy tas i bruk. I operasjon vil båten ligge stille ved hjelp av DP (Dynamisk Posisjonering). Skipene vil trolig være utrustet med blant annet større offshorekran for mottak og uttak av havbunnskjøretøyer eller ROVer, og til andre tungløftsoperasjoner, og ikke minst mineralhåndteringssystemer.

Systemene vil variere fra fartøy til fartøy, men enkelte systemer vil være gjentakende mellom fartøyene (DNV, 2021).

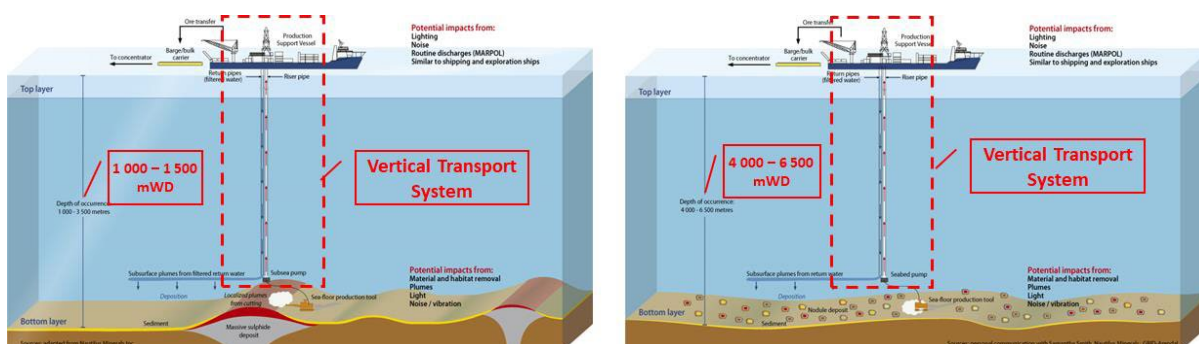


Figur 14 - Produksjonsfartøyet "Nautilus New Era" sett fra styrbord side og ovenfra

2.5.2 Vertikale transportsystemer (VTS)

Det vertikale transportsystemet som skal tas i bruk vil variere. En kan ta i bruk stive og fleksible rør, samt slanger som transportmiddel. Tilfelles vil det være et rør for tilbakeføring av returvannet. Returvannet er avfallsvannet som kommer av skildringsprosessen av havbunnsedimentet og mineralforekomsten.

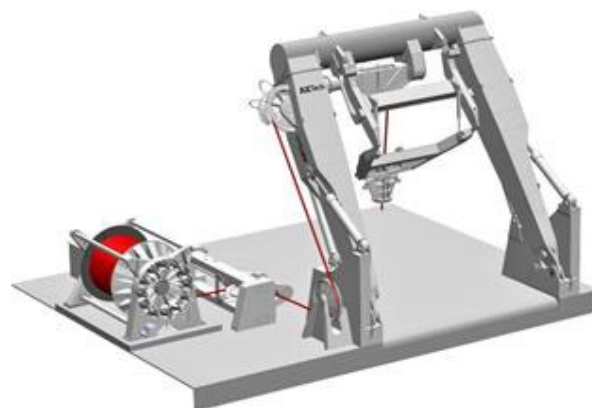
Det er flere konseptløsninger for vertikale transportsystem. De ulike konseptløsningene må vurderes ut ifra hvilke mineralforekomster en ønsker å utvinne, samt dybde utvinningen vil forekomme på. Konseptene for de forskjellige transportsystemene er sammenlignbare, men vil være forskjellig hovedsakelig på grunn av vanddybden som en utvinner på. Kommersielt sett vil VTS sannsynlig bestå av et hydraulisk løftesystem. I løftesystemet vil havbunnskjøretøyet høste inn mineralforekomsten som blir sendt videre til produksjonsfartøy. Stigerørssystemet vil bli drevet av et gassløftesystem eller sentrifugalpumper, disse kan også bli kombinert (DNV, 2021).



Figur 15 - Det vertikale transport systemet. Operer ved dybder fra 1 000m- 6 500m. (DNV, 2021)

2.5.3 LARS (Launch and Recovery System)

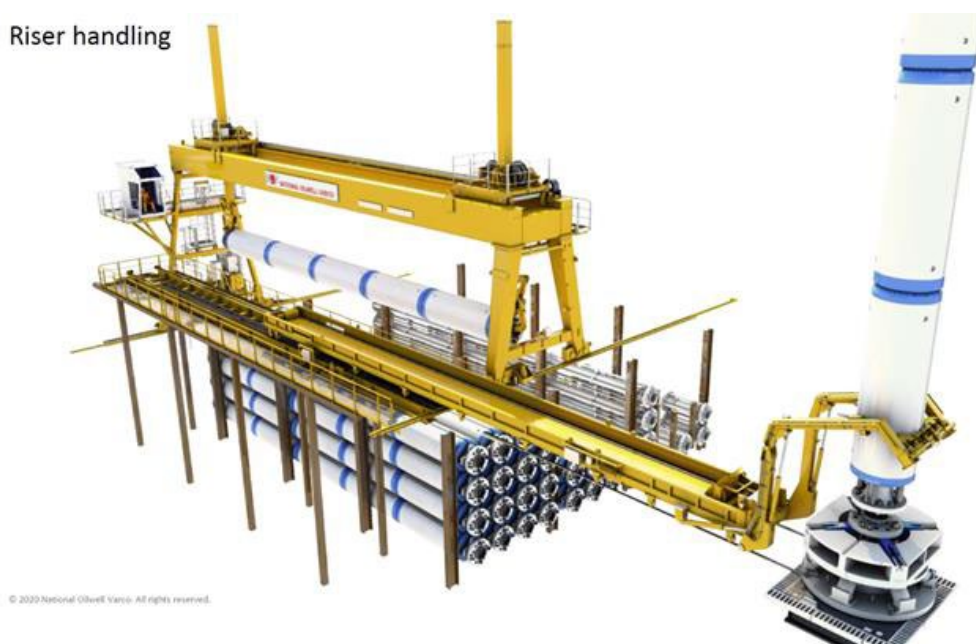
LARS er et launch and recovery system som er utviklet i forbindelse med krevende offshore og Subsea operasjoner. Et launch and recovery system gjør at en kan låre ned og trekke opp tungt utstyr. I forbindelse med dypvannsgravedrift, vil produksjonsfartøyet være utstyrt med et slikt system for mobilisering av havbunnskjøretøyene. Figur 16 illustrerer LARS system levert fra AXtech som er installert på produksjonsfartøyet til Nautilus minerals (AXTech, 2022).



Figur 16 - Illustrasjon av launch and recovery system. (AXTech, 2022)

2.5.4 Håndtering av stigerør

På produksjonsfartøyet vil et stigerørssystem bli installert. Et slikt system håndterer og installerer rørene som blir brukt i VTS (vertikale transportsystem) et slikt rørsystem vil være i stand til å installere et VTS som er opptil 4000 meter langt. Monteringen av VTS ved hjelp av stigerørssystemet vil foregå gjennom boretårnet. Boretårnet vil inneholde et heissystem og annet utstyr som begrenser bevegelsen under monteringen av stigerørene. For håndtering av systemet kreves det en kombinasjon av lastebærende, fleksible elementer som står for monteringen av stigerørene, samt ytterligere spesial utstyr. Slik type teknologi er allerede tatt i bruk i offshorenæringen, og en vil kunne anvende den erfaringen som er gjort til lignende operasjoner. Figur 17 illustrerer hvordan et slikt stigerør system ser ut (DNV, 2021) (GMC, 2022).



Figur 17 - Stigerørssystem som monterer sammen VTS om bord. Dette stigerørssystemet er levert av GMC Deep Water. Dette stigerørssystemet er levert av GMC Deep Water. (GMC, 2022)

2.5.5 Kransystem

Fartøyet er utrustet med en eller flere kraner. Kranen(e) blir brukt i mobilisering og/eller stuing av tung last. Som vist på Figur 18 ser vi kranutrustningen for produksjonsfartøyet Nautilus New Era. Den er utstyrt med to knekkbomskraner, hvorav den største er en 200 tonns kran med aktiv hiv-kompensering (AHK) og den andre kranen er en ordinær 100 tonns kran (DNV, 2021).



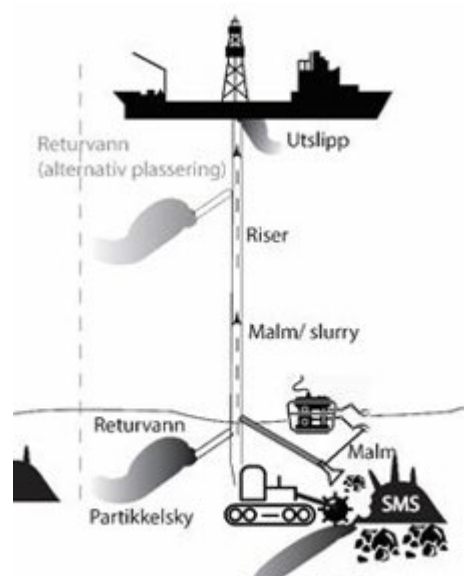
Figur 18 - Kran utrustningen ombord på Nautilus New Era. Kranene er levert av det norske selskapet McGregor kranene er levert av det norske selskapet McGregor. (DNV, 2021)

2.5.6 Avvanningsanlegg

Under utvinningsprosessen vil en fra havbunnen pumpe opp en «slurry» gjennom transportsystemet videre til produksjonsfartøyet. Slurryen består av knust malm, vann og noe sediment som biprodukt av utvinningen. Av den grunn vil produksjonsskipet være utstyrt med et slikt avvanningsanlegg som skiller malmen fra slurryen. Denne type teknologi er opprinnelig utviklet fra offshore diamantutvinningsprosjekter og er dermed en velprøvd teknologi. Når malmen er skilt ut, vil en pumpe resterende slurry ut igjen eller i en lukket sløyfe. (DNV, 2021)

2.5.7 Returvann

Når malmen er skilt ut, pumpes resterende kalt returvann ut igjen. Returvannet vil dermed bli pumpet ned til havbunnen via et returvanns-rør som vil være montert like ved VTS. På figur 19 er det illustrert hvordan returvanns-systemet vil se ut. Dybden for dumpingen av returvannet vil variere avhengig av hvilken spredning ønsker for deponeringen av slurryen (DNV, 2021).



Figur 19- Illustrert hvordan returvannet blir dumpet ned i havet. (DNV, 2021)

2.5.8 Lossesystem

Når mineralforekomstene er utvinnet og klargjort for lossing, så overføres mineralene over til en lastebåt. Ettersom mineralforekomstene som en vil utvinne er ulike og befinner seg i forskjellig aggregat-tilstand, må en ha et lossesystem egnet for mineralforekomsten man utvinner. For et pulverisert eller granulært produkt, kan en losse via et slangesystem. Systemet består av en trommel med vinsj hvor slangen oppbevares. Slangen er konstruert med egen oppdrift, slik den kan hvile i sjøen når losses til lasteskipet. Dette er allerede en velprøvd teknologi og brukes for lossing av diverse produkter offshore. (DNV, 2021)



Figur 20 - Lossesystemet ombord på produksjonsfartøyet. (DNV, 2021)

2.8 Den internasjonale havbunnsmyndigheten (ISA)

Den internasjonale havbunnsmyndigheten, engelsk-kjent som «International Seabed Authority» (ISA), er en internasjonal institusjon som ble etablert i 1994 i henhold til FNs havrettskonvensjonen av 1982. Myndighetens mandat er å regulere samt kontrollere all form for mineral-relaterte aktiviteter som foregår på havbunnen utenfor andre lands økonomiske soner. Myndigheten jobber med forskjellige aspekter innenfor mineralutvinningen, men har i hovedfokus å skåne det marine miljøet fra skader som kan forekomme av utvinnings-relaterte aktiviteter. ISA er videre ansvarlig for utdelingen av utvinningslisenser. Disse lisensene vil en trenge dersom en skal utforske eller utvinne mineralforekomster i internasjonale farvann. (International Seabed Authority, 2022)



Figur 21 - International Seabed Authority logo
(International Seabed Authority, 2022)

Kapittel 3 | Metode og organisering

3.1 Oversikt

Oppgaven er inndelt slik at en i første kapittel har introdusert temaet dypvannsgruvedrift og de aktuelle problemstillingene. Videre i kapittel to har oppgaven gått inn på den teoretiske delen rundt tematikken. En har prøvd å opprettholde en logisk rekkefølge for oppgaven, hvor før en går dypere inn i problemstillingene har valgt å beskrive de ulike mineralforekomstene, des funksjoner og utvikling samt aktuelle teknologier og utvinningsmetoder.

3.2 Forkunnskap og litteraturstudie

For denne oppgaven tar gruppen med seg forkunnskaper primært fra fagene; Bærekraftig befraktning og operasjon (TN303411) og Havmiljø (TN202908) ved NTNU i Ålesund. Faget bærekraftig befraktning og operasjon, har bidratt til at gruppen innehar kunnskap knyttet til tilbud og etterspørsel, samt det makrorelaterte bildet. Faget havmiljø har gitt gruppen grunnleggende forkunnskaper over miljømessige, etiske og økonomiske konsekvenser av virksomheter på sjøen, som sjøtransport og oljeutvinning.

Gruppen benyttet NTNUs database Oria for innsamling av tilgjengelig litteratur. Deriblant fant gruppen boken “Perspectives of Deep-Sea Mining: sustainability, technology, environmental policy and management” (2022). Boken er skrevet av Rahul Sharma og består av innsamlede forskningsartikler, vitenskapsrapporter og andre relaterte rapporter fra pilotprosjekter innenfor dypvannsgruvedrift. Gruppen har brukt boken som et verktøy for å oppnå grunnleggende kunnskaper rundt temaet, for videre informasjonsinnhenting innenfor dypvannsgruvedrift og aspekter det berører.

3.3 Metode

Kvalitativ metode er forskningsmetoder som brukes ved innsamling og analyse av kvalitative data. Hensikten med kvalitativ metode er å oppnå dybdekunnskap og en helhetlig forståelse av spesifikke kontekster. Derfor er oppgavens utforming basert på kvalitativ metode. Slik at gruppen har kunnet fordype seg innenfor temaet dypvannsgruvedrift.

Det finnes forskjellige type kvalitative metoder. Metodene for innsamling av data kan være etnografi, ustrukturerte intervjuer, fokusgrupper, deltakende observasjon eller kvalitativ innholdsanalyse. Av disse valgte gruppen kvalitativ innholdsanalyse (Grønmo, 2020).

3.4 Kvalitativ innholdsanalyse

Det ble tidlig vurdert bruk av kvalitativ metode, i form av innholds analyse. Innholdsanalyse er en samfunnsvitenskapelig metode for analyse av innhold i skriftlige eller- muntlige tekster, bilder, videoer eller filmer kan også bli brukt. Kvalitativ innholdsanalyse innebærer å systematisere utvalgte dokumentariske kilder som er relevant for oppgaven og dens problemstilling. Datainnsamlingen startet tidlig og ble gjort kontinuerlig under arbeidet av oppgaven. Dette har gitt gruppen grunnleggende innsikt rundt temaet «dypvannsgruvedrift». Etter datainnsamling har gruppen systematisert innholdet, systematiseringen innebærer; forenkling – fremheve den informasjonen som er mest relevant/interessant). Etter systematiseringen av innsamlet data, har innholdet blitt tolket og sortert ut hvilken informasjon som besvarer oppgavens problemstillinger (Grønmo, 2020).

3.5 Bakgrunn for unnløst av spørreundersøkelse.

Temaet dypvannsgruvedrift og dets problemstillinger bærer stort preg av informasjon spredt mellom ulike organisasjoner og andre relaterte aktører. Aktører som er uavhengige av hverandre med ulike segmenter som kan ha viss innvirkning eller fellestrekk med dypvannsgruvedrift. Problemstillingene vi har valgt å basere oppgaven på har ulike uavhengige ledd som ikke kan besvares av en felles spørreundersøkelse eller generaliserte intervju, og vi anså synspunktene aktørene fremmet i rapportene, fungerte like effektivt for informasjonsinnhenting som en evt. tidskrevende intervju prosess for alle parter.

3.6 Verifisering av innhentet data og kildenes kredibilitet

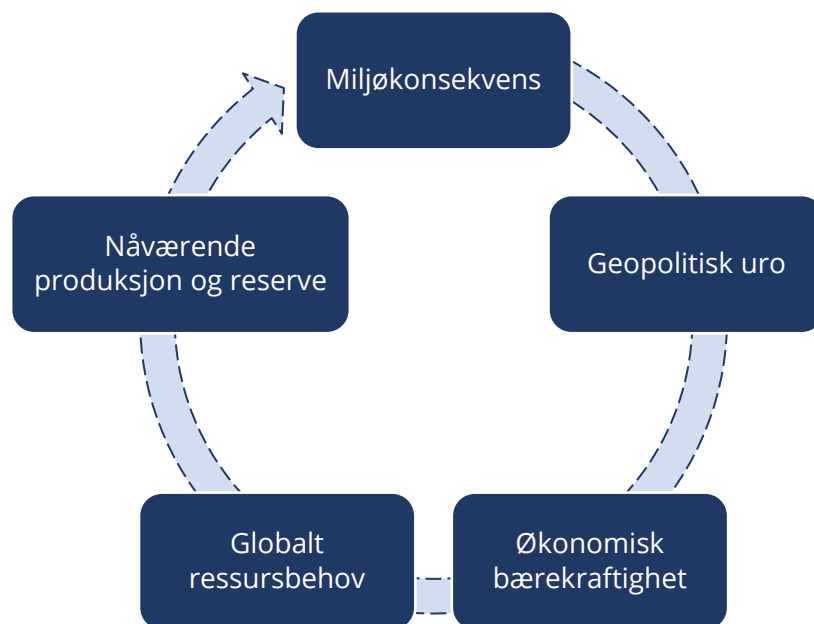
Under datainnsamlingen var det viktig å stille seg kildekritisk ovenfor dokumenter og rapporter som hovedsakelig er blitt tatt i bruk under fordypning av oppgaven. Dokumentene og rapportene som er benyttet i oppgaven, er blitt vurdert og ansett pålitelige. I og med at dypvannsgruvedrift er sterkt preget av å være i tidlig utviklingsfase, så er noe informasjon spredt og derav blitt hentet fra mindre kjente aktører som eksempelvis SNL og tredjeparts nettsider. Når dette er blitt gjort, er det blitt gjort en grundig vurdering av aktørens eventuelle motivasjon og bakgrunn for gjengivelse av informasjonen, hvor en ikke minst har stilt seg kritisk til informasjonen som eventuelt har blitt brukt.

Hovedsakelig har oppgaven blitt utformet basert på rapporter og artikler publisert av statlige, statlig-støttede aktører eller private aktører som har utarbeidet på vegne av statlige aktører som eks. Oljedirektoratet og DNV o.l.

Kapittel 4 | Diskusjon

4.1 Innledning

I dette kapitlet vil gruppen ved bruk av metode gå igjennom og diskutere nevnte temaer nedenfor. Gruppen vil ta i bruk kvalitativ innholdsanalyse til støtte for diskusjonen. Temaene som blir diskutert vil besvare sentrale spørsmål som er kritisk for besvarelsen av problemstillingen til oppgaven. Gruppen vil ta i bruk litteratur, artikler og forskningsrapporter. Det er derfor viktig at gruppen har stilt seg kildekritisk til fagstoffet som er brukt. Gruppen vil argumentere for og imot til stilte spørsmål, og vil til slutt komme med en konklusjon i neste kapittel (kapittel 5).



Det er flere faktorer som må vektlegges når en skal vurdere om dypvannsgruvedrift er nødvendig. I delkapittel 4.3 og 4.4 vil oppgaven i detalj gå gjennom de mest aktuelle temaene som er sentrale for oppgaven. Delkapittel 4.3 og 4.4 vil særlig vektlegge og omhandle de fem ulike temaene visuelt fremlagt ovenfor.

4.2 Hvilke mineralforekomst kan gi størst miljøkonsekvens å utvinne og hvordan påvirker det Norge som en mulig utvinner?

4.2.1 Oversikt

For å måle lønnsomheten av for utvinningen av mineralforekomstene må det stilles en rekke spørsmål. En kan ikke utelukke og kun se på mineralforekomsten rent kommersielt sett argument for iverksetting av utvinning. En må også ta hensyn til hvor stor grad utvinningen av mineralforekomsten påvirker miljøet. Diskusjonen vil ta utgangspunkt i teknologien og informasjonen vi innehar per i dag.

4.2.2 Mineralforekomstene

Massive sulfidforekomster (SMS) er en av de tre primære mineralforekomstene. Systemene for utvinning av SMS har et av de mest utbredte teknologiene. Det er blitt gjort samtlige pilot prosjekter, hvor selskaper har utviklet sine egne utvinnings-kjøretøy som skal stå for innhøstingen av havbunnsulfidene på havbunnen. I tillegg er det blitt gjort prosjekter i hvor stor grad en både ødelegger og forstyrrer det marine miljøet på havbunnen ved bruk av havbunns kjøretøyene. (Sharma, 2022)

Polymetalliske mangannoduler (PMN) er en av de tre primære mineralforekomstene. Mangannodulene er kommersielt av store interesse og teknologien for utvinningen av nodulene har avansert betraktelig de siste årene. Mangannodulene er i forhold til havbunnsulfidene og manganskorpene lokalisert myk havbunn, terrenget kan se ut som flate sletter/åker hvor det ikke befinner seg terreng som kan gjøre utvinningen mindre problematisk. Slike forhold gjør at en kan samle opp nodulene uten direkte risiko for havbunnskjøretøyet (Sharma, 2022).

Koboltrike- eller polymetalliske manganskorper (CRC) er den siste av de tre primære mineralforekomstene. Ettersom det ikke er blitt gjennomført pilotprosjekter i like stor grad som ved utvinningen av SMS og PMN, så er ikke teknologien for utvinningen like utbredt og en innehar ikke like god forståelse for miljøpåvirkninger utvinningen vil tilgjøre for både sjø og land. For innhøstingen av manganskorperne må en bore/grave i fjellveggen. Fjellveggen er ikke kun tildekket av manganskorper, men også omringet av et marint miljø.

4.2.3 Miljøpåvirkninger fra utvinningsaktiviteter

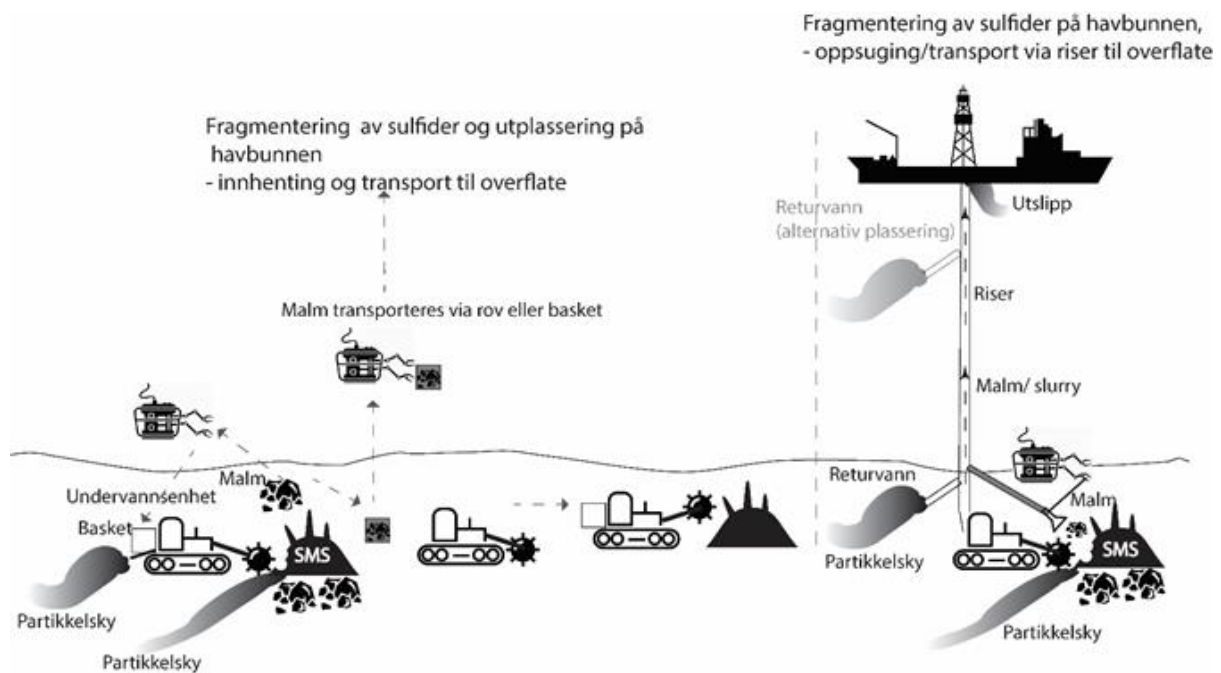
Miljøaspektet er kjernetemaet innenfor dypvannsgruvedrift. Det kommer av at er stor usikkerhet nyttet til hvordan utvinningen vil påvirke miljøet både på sjø og land. Ettersom det ikke innehas nok data og informasjon om miljøpåvirkningene, kan en derfor kun gjøre for seg en skjønsmessig vurdering ved å være kildekritisk og sammenligne både artikler og forskningsrapporter opp mot hverandre. Miljøpåvirkningene som vil opptre av utvinningen av mineralforekomstene er som følge.

- Direkte fjerning og ødeleggelse av habitater
- Endringer i geokjemiske og fysiske egenskaper i havbunnen
- Dannelse av partikkelskyer fra sedimentet som følge av aktivitet på havbunnen
- Støy og vibrasjoner

Av de tre primære mineralforekomstene kan en argumentere for at utvinningen av polymetalliske mangannoduler vil skåne havmiljøet i størst grad. Det skyldes havbunns kjøretøyene som står for innhøstingen av mangannodulene i prinsippet vil suge opp nodulene som forklart i teorikapittelet. Dette gjør at en trolig skåner omgivelsene i større grad enn det vi ser ved utvinningsplanene av manganskorper og havbunnsulfider. Utvinningen av manganskorper og havbunnsulfider vil foregå ved mekaniske prosesser som helt eller delvis fragmenterer og fjerner ressursene som økosystemer lever på.

På en annen side, er det ikke kjent i hvor stor grad oppsugingen av mangannodulene vil påvirke økosystemet som finnes på havbunnen. Som tidligere nevnt kan det forekomme endringer i geokjemiske og fysiske egenskaper på havbunnen. Dette kan resultere i at det vil være færre mikrohabitater å okkupere for økosystemer, som fører til at samtlige kjente og ukjente arter kan bli utrydningstruet (DNV, 2021).

Under utvinningen vil det dannes partikkelskyer fra sedimenter. Dette er som følge av aktiviteten fra havbunns kjøretøyene og returvannet som blir pumpet ned på havbunnen fra produksjonsfartøyet. Partikkelskyene og de forhøyde mengder med partikler i området kan medvirke/resultere i tilstopping av gjeller, fødeapparater, vevsdød, redusert overlevelse som følge av redusert oksygenopptak / kvelning for økosystemet som lever i området. (DNV, 2021)



Figur 22 – illustrasjon over hvordan partikkelskyer dannes. (DNV, 2021)

Dannelse av partikkelskyer vil variere mellom havbunnskjøretøyene hver for seg. På norsk sokkel er det kun dokumentert forekomster av havbunnsulfider og manganskorper. En skulle tro at utvinning av disse vil gi større spredningsvolum av partikler en ved utvinningen av mangannodulene, ettersom utvinningen av disse baserer seg på fragmentering av havbunnsressursene. Men ifølge DNV viser det seg at utvinningen av havbunnsulfider og manganskorper forventes å gi mindre spredningsvolum av partikler sammenlignet med utvinningen av mangannoduler. Under utvinningen av nodulene virvles det opp sedimenter rundt nodulene, som trolig vil være hovedgrunnen til dette. Til slutt skal det også nevnes at teknologier er stadig under utvikling som sørger for å minimere dannelse av partikkel skyer og partikkel spredning. (DNV, 2021)

Støy og vibrasjoner vil forekomme under mineralutvinningen. Forstyrrelsene vil trolig påvirke økosystemer rundt. Ettersom marine pattedyr er avhengig av hørselen deres for å navigere, kommunisere og overleve, vil forstyrrelsene svekke overlevelses evnen til dyrene. Verst tenkelig kan dette føre til at samtlige arter risikerer å bli utrydningstruet (Ocean Care, 2019).

Grunnet teknologien som anvendes i mineralutvinningen ikke er ferdigutviklet, har en heller ikke informasjon over hvor mye støy og vibrasjoner som blir produsert fra anlegget. Men en kan argumentere for at havbunnkjøretøyene som utvinner havbunnsulfider og manganskorpene vil skape mer støy og vibrasjoner, ettersom utvinningen skjer ved mekaniske prosesser som boring. Lydene vil trolig heller ikke være statiske. Med statiske lyder kan økosystemet rundt å tilpasse seg støyen. Men ettersom lydene fra utvinningen fra havbunnsulfidene og manganskorpene vil være dynamisk, vil det være vanskeligere å tilpasse seg lydene. (North Connect, 2020)

Kjøretøyene som utvinner mangannodulene, vil også produsere støy og vibrasjoner, men i mindre grad. Slik teknologiutviklingen har fremstått, kan en forvente at havbunnkjøretøyer som utvinner noder vil produsere en statisk lyd, ettersom den fungerer som en støvsuger. Dette gjør det lettere for økosystemet rundt å tilpasse seg lydene slik det ikke oppstår skader (DNV, 2021).

Hittil i dag er det vanskelig å si hvilken mineralforekomst som vil påvirke miljøet i størst grad. I DNVs teknologirapport kan det virke som utvinningen av manganodulene vil påvirke miljøet i størst grad. Det er knyttet til endring i geokjemiske og fysiske egenskaper i havbunnsedimentet som følge av oppvirvlingen av havbunnen gjort av havbunnkjøretøyet. I tillegg dannes det høyere spredningsvolum av partikler under utvinningen av disse, sammenlignet med utvinningen av havbunnsulfider og manganskorper.

Under kontrollerte forhold, hvor en da avsetter områder for utvinning og i tillegg minimerer spredningen av partikkelskyene utgjort av havbunnkjøretøyene og returvannet. Kan det virke som utvinningen av havbunnsulfider og manganskorper vil skåne miljøet i størst grad. På norsk sokkel er det som tidligere nevnt, rapportert forekomster av sulfider og skoper. Dette gjør at Norge er i en gunstig posisjon for utvinning av mineralforekomstene med tanke på miljø konsekvenser, sammenlignet med andre land som primært sett har høyest forekomst av manganoduler.

4.3 Vil dypvannsgruvedrift bli nødvendig for å oppnå klimamålene?

Det er flere årsaker til at stortinget vedtok et konsekvensutredningsprogram for havbunnsmineraler. Det er fortsatt knyttet stor usikkerhet til hvor store de norske ressursene er. Om de er eller kan bli økonomisk lønnsomme å utvinne, samt miljøkonsekvensene av utvinning.

12. desember 2015 sluttet Norge, EU og totalt 175 land seg til Parisavtalen. Med hensyn til videre mineralbehov, miljøkonsekvenser av utvinning og raffinering, samt det pågående grønne skiftet, må alle land som sluttet seg til avtalen ta hensyn i videre utvinningsplaner.

Parisavtalen baserer seg primært på tre overordnede hovedmål:

1. Alle land har forpliktelser

- Enda det forventes at rike land skal gjøre mest, så har alle land som har sluttet seg til avtalen forpliktet seg til å kutte klimagassutslipp.

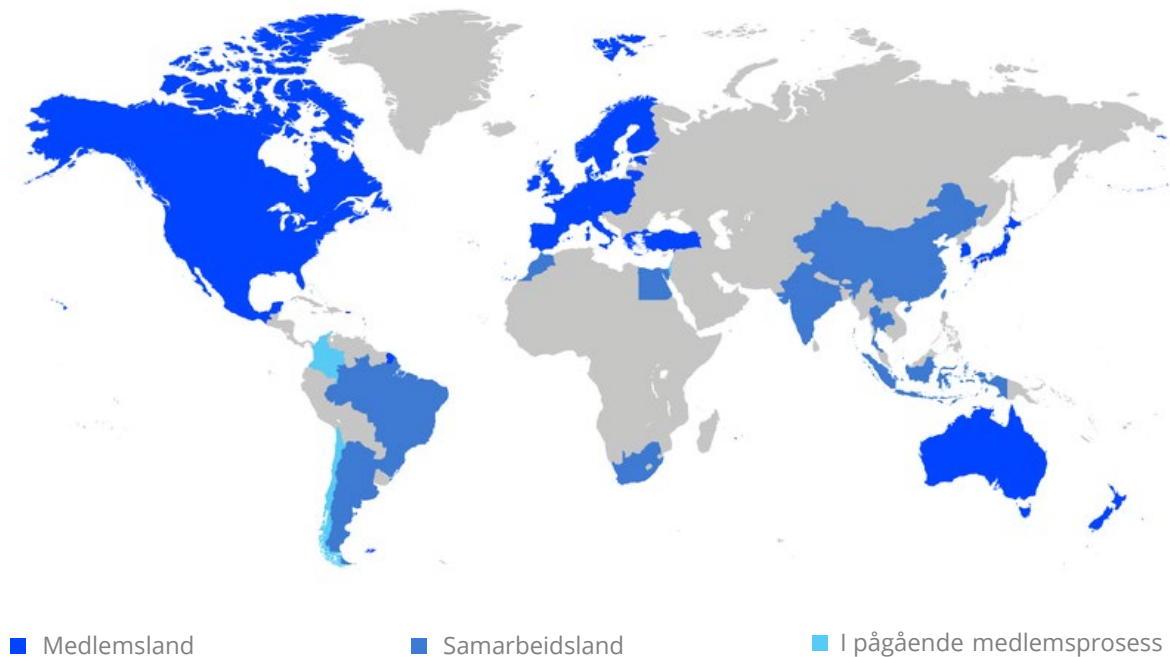
2. Den globale temperaturen skal ikke overstige 2 °C

- Temperaturen skal ikke stige mer enn 2 °C før århundret er over. Videre skal det tilstrebes å begrense temperaturstigningen til under 1,5 °C.

3. Landene skal ha en plan for å oppnå klimanøytralitet innen år 2100

- Landene som har sluttet seg til avtalen skal ha passert toppen for sine klimagassutslipp så raskt som mulig. I andre del av århundret mellom år 2050 og 2100, skal landene være klimanøytrale.

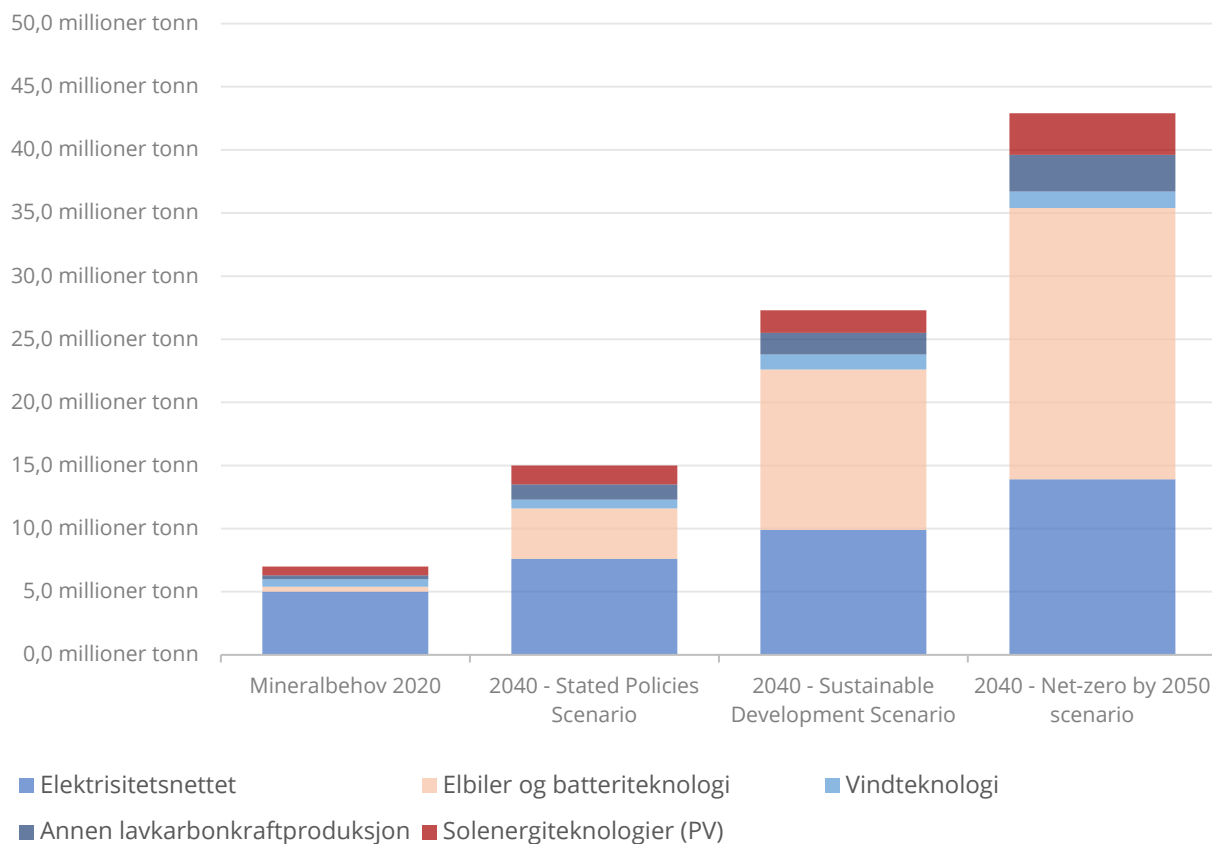
Det Internasjonale Energibyrådet (IEA)



Kilde: IEA (2021)

Det internasjonale energibyrådet (IEA) er underlagt OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) og er en organisasjon som opprinnelig ble opprettet i 1974 for å stabilisere oljeprisen og bedre forutsigbarhet etter oljekrisen i 1973-1974. Etterfulgt oljekrisen har deres mandat blitt utvidet til å produsere informasjon og statistikk på det generelle energimarkedet, klimaforandringer, luftforurensning, energitilgang og mer (IEA, 2022). I 2021 publiserte IEA en rapport som tok for seg hvilke tiltak som må gjøres for at verden skal kunne oppnå Parisavtalens mål.

Totalt mineralbehov fra fornybar teknologi



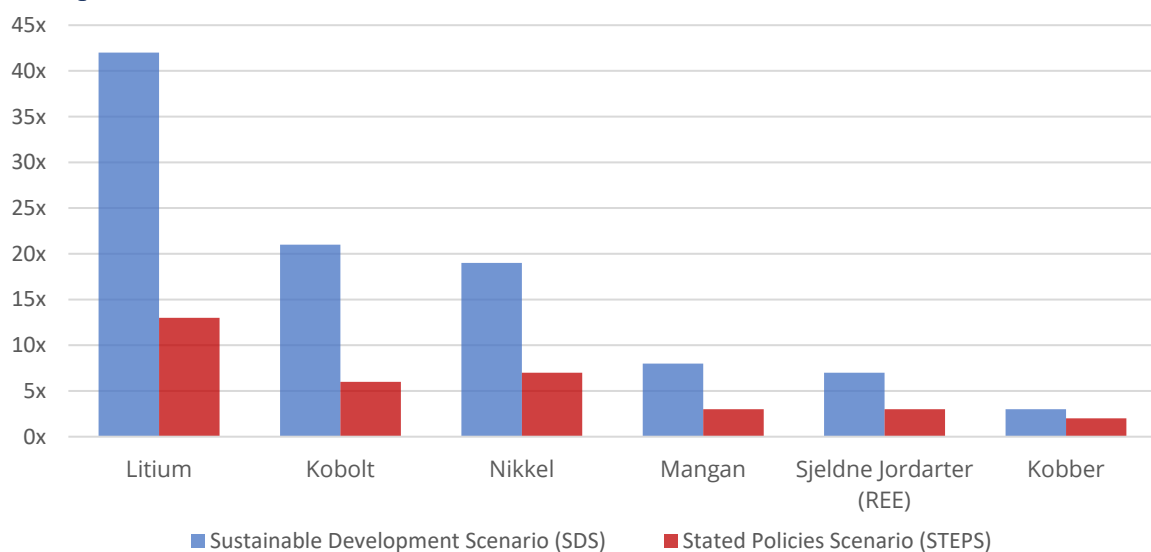
Kilde: IEA (2021)

Illustrasjonen ovenfor viser IEAs modellberegning for økningen i mineralbehov for de mest ressurskrevende sektorene basert på tre ulike scenarioer.

Stated Policies Scenario (STEPS) er et scenario som gjenspeiler alle dagens annonserte politiske intensjoner og mål i den grad de er støttet opp av detaljerte tiltak for realisering av målene. Videre er Sustainable Development Scenarioet (SDS) et scenario som er basert på at landene bedrer sin energipolitikk og øker grønne investeringer, for å i helhet oppnå de bærekraftige energimålene utarbeidet av FN, samt Parisavtalen og energitilgangs- og luftkvalitetsmål (IEA, 2020).

Det siste scenarioet «Net Zero Emissions by 2050», eller netto nullutslipp innen 2050, er et relativt nylig modellert scenario med fundamental rot i SDS-modellen. Dette scenarioet bygger videre på betydelige satsninger innen grønn omstilling og nye teknologiløsninger med mål om nullutslipp innen 2050. EU vedtok i juni 2021 at hele Europakontinentet skal oppnå netto null-utslipp innen 2050 (IEA, 2020).

Etterspørselsvekst for mineraler fra 2020-2040

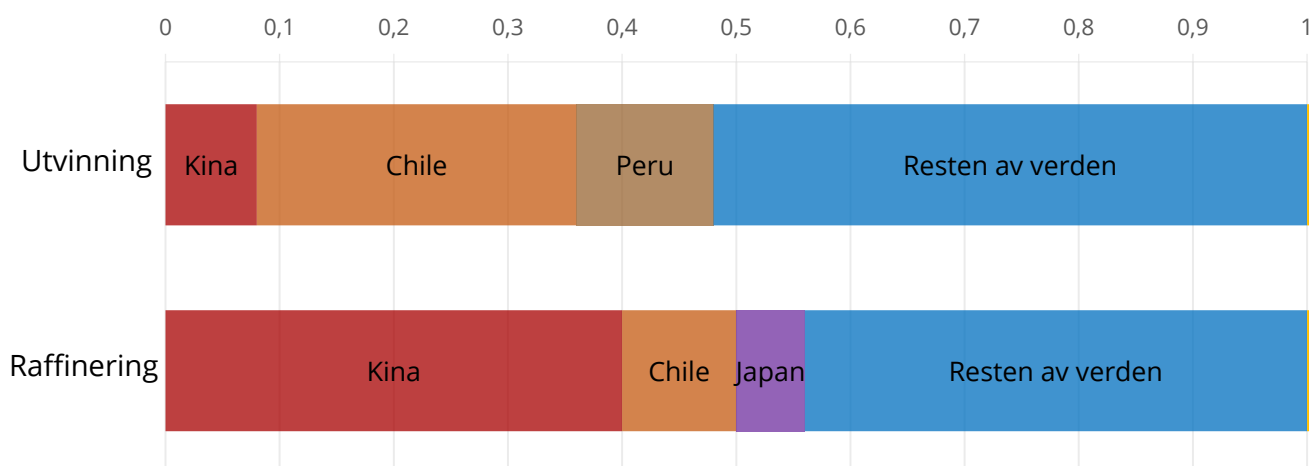


Kilde: IEA (2021)

Som gjenspeilt i etterspørselsveksten er det stort videre behov for økt produksjon av de ulike mineralene.

4.3.2 Nåværende produksjons- og ekstraheringsutfordringer for mineraler på landbaserte gruveanlegg

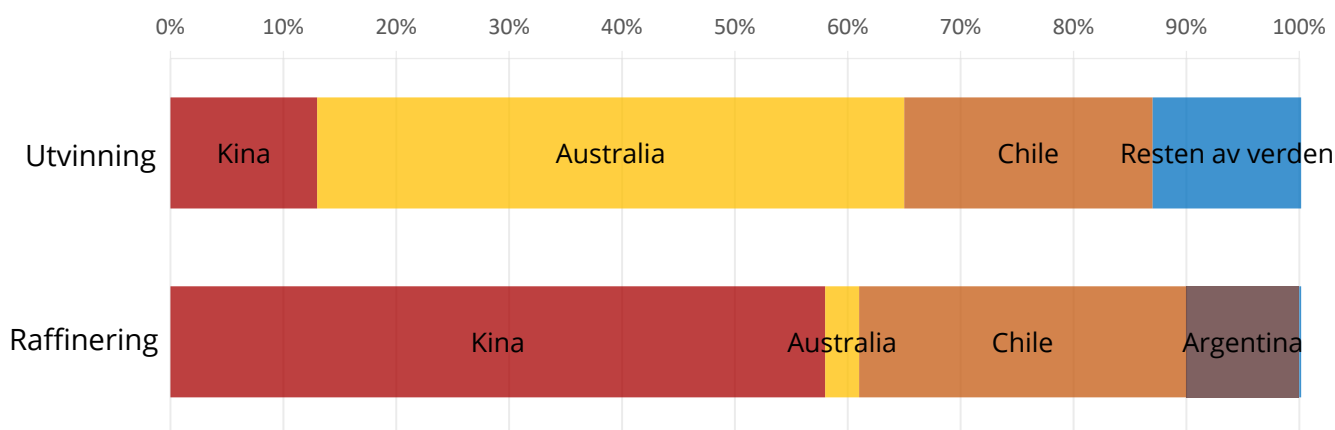
Regionsfordeling for utvinning og raffinering av kobber



Kilde: IEA (2019)

Det vil være vanskelig å redusere behovet for kobber grunnet dens elektriske og termiske ledningsevne. Videre nærmer produksjonen seg en topp grunnet fallende malmkvalitet og nedadgående reserver (IEA, 2022). Fallende malmkvalitet presser opp produksjonskostnader, utslipp og avfallsmengder. Videre er gravene i Sør-Amerika og Australia utsatt for store utfordringer knyttet til klimaendringer og vanntilgang (IEA, 2022).

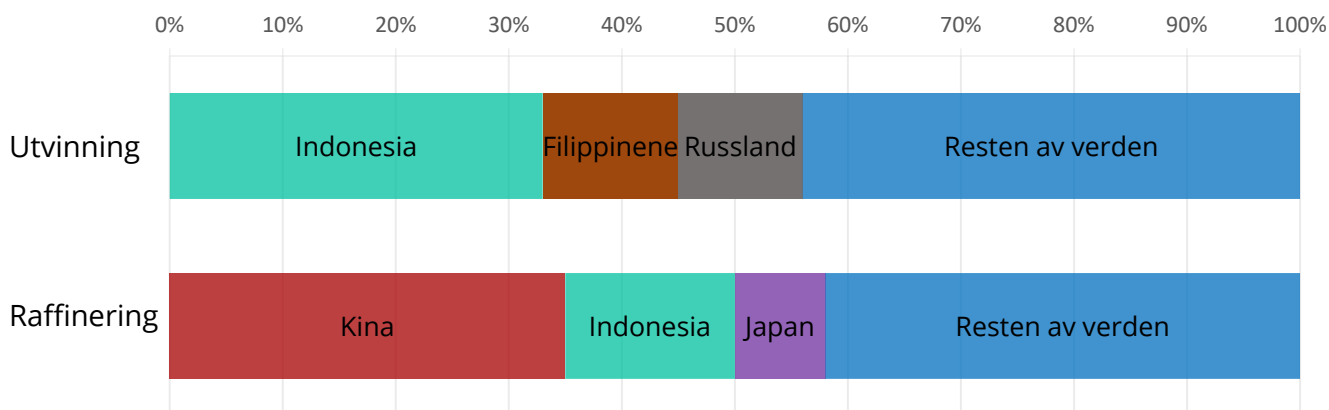
Regionsfordeling for utvinning og raffinering av litium



Kilde: IEA (2019)

Referanseprisene for litium har steget over 814% siste 18. mnd. (september 2020 - mai 2022), grunnet stor etterspørsel. (Bloomberg, 2022). Kina står for over 60% av den globale produksjonen av litiumprodukter, samt over 80% av litiumhydroksid som brukes i batteriteknologi (IEA, 2022). Litiumgruver i Sør-Amerika og Australia er også utsatt for store utfordringer knyttet til klimaendringer og vanntilgang.

Regionsfordeling for utvinning og raffinering av nikkel

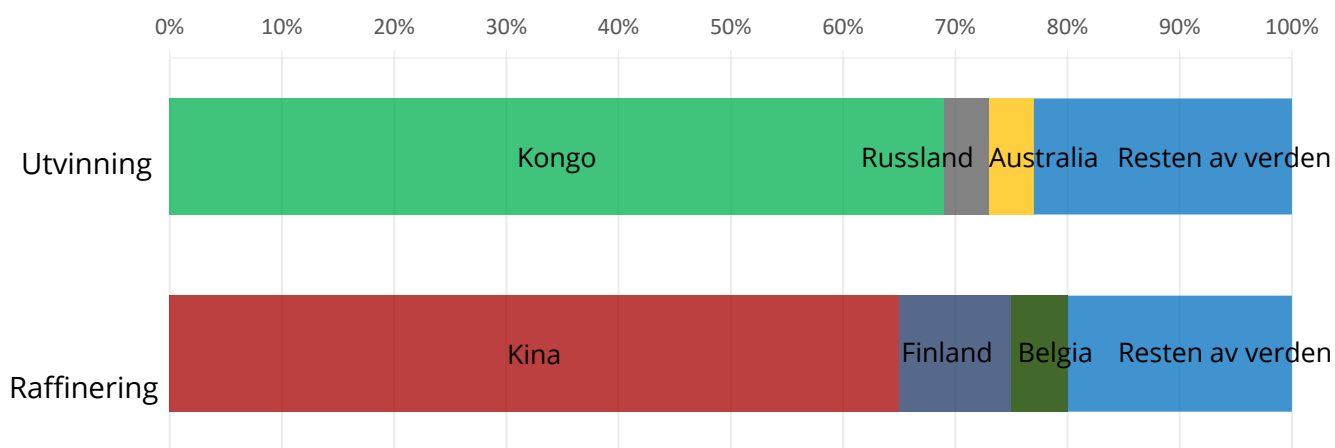


Kilde: IEA (2019)

Etterspørselen har økt etter nikkel av høy batterikvalitet. Det har ført til ekstra press på ekstraheringens prosessen av nikkelmalm, og spesielt ekstraheringen fra lavere kvalitets nikkelmalm har hatt utfordringer knyttet til forsinkelser og kostnadsoverskridelser (IEA, 2022).

Ekstrahering av lavere kvalitets nikkelmalm har vært kostnadskrevende og utslippsintensive. Spesielt utfordringer knyttet til høyere CO₂-utslipp og deponering av avfall har vært problematisk (IEA, 2022).

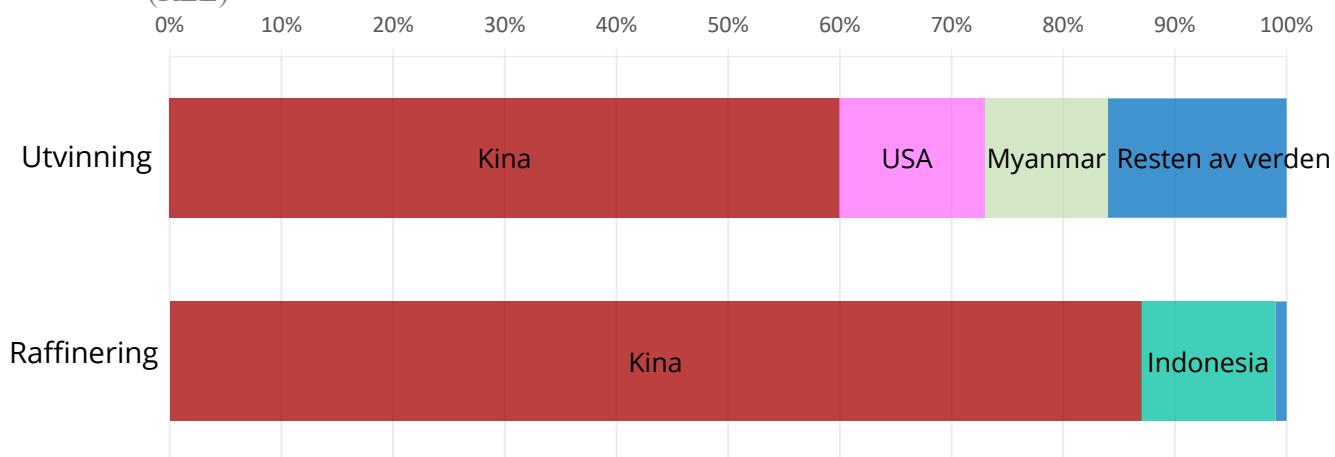
Regionsfordeling for utvinning og raffinering av kobolt



Kilde: IEA (2019)

Rundt 70 % av koboltproduksjonen kommer fra Kongo og videre raffineres ca. 70 % i Kina. Det har vært få prosjekter under utvikling utenfor de to landene, og markedsandelen til Kina og Kongo er ventet å vedvare. Videre er det viss usikkerhet knyttet til produksjonsnivåer grunnet omtrent 90 % av kobolt utvinnes som et biprodukt ved utvinning av nikkell og kobber (IEA, 2022).

Regionsfordeling for utvinning og raffinering av sjeldne jordarter (REE)



Kilde: IEA (2019)

Som figuren ovenfor viser, så har Kina vært den dominerende aktøren innen både utvinning og raffinering av sjeldne jordarter. Kinas metoder for gruveutvinning samt prosessering har båret stort preg av manglende hensyn til både HMS for arbeiderne, klimautslipp knyttet til både utvinning og raffinering, samt ikke minst håndtering av gruve- og prosesseringsavfall.

4.3.3 Geopolitisk risiko

Naturgass, en annen råvare, hadde kraftig prisstigning mellom 2020 og våren 2022. Allerede før Russland invaderte Ukraina var naturgassprisen stigende av flere årsaker. Effekten av at Russland invaderte Ukraina derimot, gjorde at den europeiske naturgassprisen flerdoblet seg. Videre har sanksjoner mellom både EU og Russland skapt stor usikkerhet knyttet til Europas vitale behov for naturgass. Krigen mellom partene har tydeliggjort en kritisk part i den fremtidige energiomstillingen.

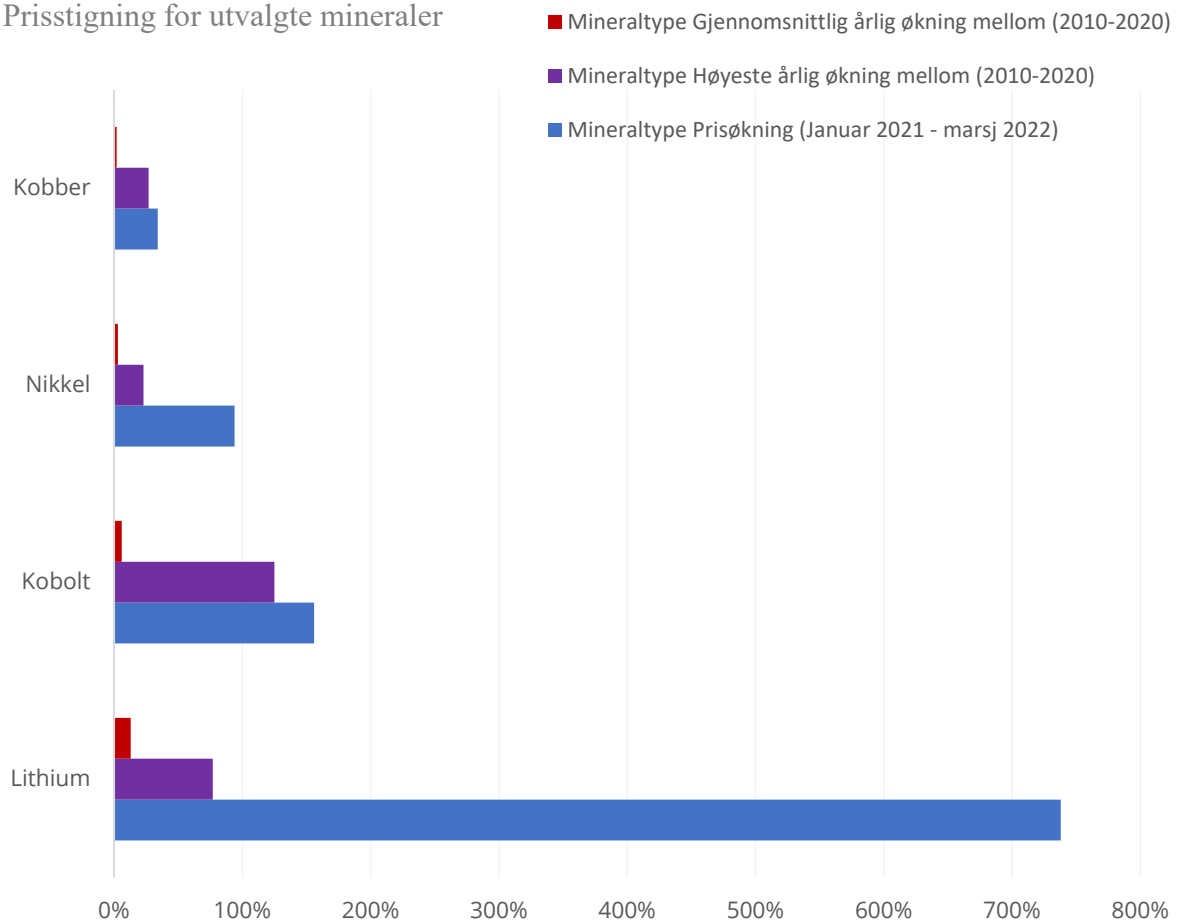
Det grønne skiftet som skal foregå for å oppnå FNs klimamål krever store mengder mineraler som gjenvist i forrige kapittel. Ukraina-krisen er en stor vekker for tilgangen til naturressurser.

Videre øst for Europa og Russland ligger det imidlertid en annen bekymrende faktor, Kina. Som vist i forrige delkapittel 4.3.2, er Kina en dominerende part i mye av utvinningen og raffineringen av ulike mineraler eurosonen er avhengig av. Nettavisen The Guardian rapporterte oktober 2021 at den Taiwanske forsvarsministeren anså Kina som klare for å invadere Taiwan innen 2025 (Davidson & Borger, 2021). Hvor sannsynlig denne trusselen er, er uvisst, men tilsvarende uvisshet var også til stede før den russiske invasjonen av Ukraina.

Langsiktig er Kina den største geopolitiske trusselen mot flere av de kritiske mineralene grunnet sin dominans innen raffinering og utvinning. Ukrainakrisen har allerede påvirket tilgangen på de kritiske mineralene. Russland har globalt stått for 11 % av nikkelproduksjon, og nærmere 20 % nikkell materialgrad klasse 1, som er den nødvendige kvaliteten som trengs for å kunne brukes til batterier (Tae-Yoon, 2022).

4.3.4 Nåværende status for de kritiske mineralene

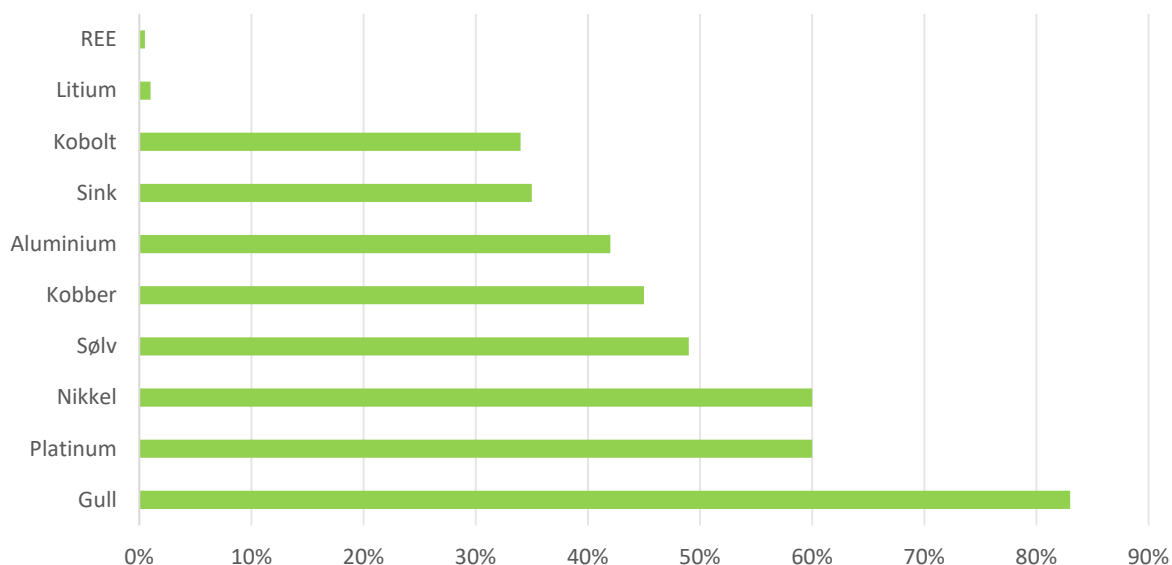
Prisstigning for utvalgte mineraler



Kilde: IEA

Med det økende behovet, så har prisene for de ulike mineralene hatt stor oppgang. Mellom 1. januar og mars 2022 steg litiumsprisene alene over 150 %. IEA har utvist stor bekymring knyttet til omfanget av prisstigningene, og effekten av dem på klimamålene er fortsatt høyst uvisst. (Tae-Yoon, 2022)

Resirkuleringsgrad for utvalgte mineraler



Kilde: IEA

Videre sees det derav et stort behov for produksjonsøkning av de ulike kritiske mineralene. Resirkuleringsgraden blant de ulike mineralene er varierende, og må forbedres for å sikre bedre prisstabilitet og utslipp.

Dypvannsgruvedrift er mulig det som kan sikre den europeiske tilgangen på de ulike mineralene, både med hensyn til geopolitisk uro, samt økning av den globale produksjonen. Det er flere prosjekter i tidlig fase knyttet til dypvannsgruvedrift. Globale funn både av sulfidforekomster, manganskorper og -noduler har vist store beregnede verdier av ulike mineraler.

Innenfor et område på 4,5 millioner kvadratkilometer i den østlige del av Stillehavet. Er det funnet store mengder mangannoduler. Den beregnede reserven av nikkel og kobolt er på henholdsvis 274 og 44 millioner tonn. Det er trolig begrensede mengder mangannoduler i eurosone grunnet utformingen av kontinentet, dog er det allerede dokumentert større funn av manganskorper og -noduler.

For å sikre Europa tilgangen på de kritiske mineralene som er nødvendige for bærekrafts målene, bør EU og Norges satsning innenfor kartlegging og konsekvensutredning av havbunnsmineraler og dypvannsgruvedrift økes betydelig.

Kapittel 6 | Konklusjon

Formålet med oppgaven var å få en mer omfattende forståelse av dypvannsgruvedrift og dets drivende og påvirkende faktorer, samt undersøke om dypvannsgruvedrift vil bidra til eller forverre EUs energiomstilling med særlig fokus på FNs Parisavtale.

All data er innsamlet i en periode gjennom siste semester på studiet Nautikk, ved NTNU i Ålesund (01. januar 2022 – 01. juni 2022). Standpunkter og konklusjoner tatt i henhold til oppgaven gjelder kun for denne tidsperioden. Gjennom datainnsamling ved bruk av kvalitativ metode i form av kvalitativ innholdsanalyse har det kommet frem til følgende konklusjoner:

Hvilke globale mineralforekomster påvirker miljøet i størst grad, hva har det å si for Norge?

Det finnes tre ulike dypmarine mineralforekomster. På norsk sokkel er det dokumentert forekomster av havbunnsulfider og manganskorper. Det er ikke ventet å finne forekomster av mangannoduler grunnet den norske kontinentalsokkels undervannstopografi.

Av de tre ulike mineralforekomstene ansees det med nåværende teknologi mest trolig at mangannoduler vil ha den mest inngripende påvirkningen på naturen og klimaet. Dette kommer av endring i geokjemiske og fysiske egenskaper på havbunnen som havbunnskjøretøyer under operasjon vil forårsake.

Havbunnsulfider og manganskorper tyder å påvirke miljøet i mindre grad, og med deler av den atlantiske spredningsryggen på norsk kontinentalsokkel, bygger det store muligheter for utvinning av havbunnsulfider.

Vil dypvannsgruvedrift bli nødvendig for å nå klimamålene?

Med nåværende og fremtidig beregnet energibehov, er det mye som tyder på at dypvannsgruvedrift i relativt nærliggende fremtid vil bli en aktualitet for Europa og Norge. I kombinasjon med nåtidens økning av geopolitisk spenning, bør EU som har forpliktet seg til nullutslipp for hele Europa innen 2050, øke satsningen innenfor kartlegging av dypvannsgruvedrift.

Før en eventuell utvinning kan starte, bør det være full oversikt over dypvannsgruvedriftens eventuelle miljøkonsekvenser. Suksessfull utvinning av mineralene, vil sikre Europa kritisk tilgang på mineraler som er høyst nødvendige for det grønne skiftet.

Litteraturliste / Referanser

AXTech, 2022. *AXTech*. [Internett]

Available at: <https://www.axtech.no/news-categories/subsea-mining>

[Funnet 16 mai 2022].

Barentswatch, 2018. *Mineraljakt på havets bunn*. [Internett]

Available at: <https://www.barentswatch.no/artikler/mineraljakt-pa-havets-bunn/>

[Funnet 24. mai 2022].

Bloomberg, 2022. *Bloomberg Terminal*. [Internett]

Available at: <https://bba.bloomberg.net/>

[Funnet 2022 05 31].

Bruyne, K. D. et al., 2022. *A Precautionary Approach to Developing*, Oostende, Belgium: Springer Nature Switzerland AG.

Davidson, H. & Borger, J., 2021. *The Guardian*. [Internett]

Available at: <https://www.theguardian.com/world/2021/oct/06/biden-says-he-and-chinas-xi-have-agreed-to-abide-by-taiwan-agreement>

[Funnet 28. mai 2022].

DNV, 2021. *Teknologirapport havbunnsmineraler*, Stavanger: Oljedirektoratet.

FN, 2022. *FNs bærekraftsmål*. [Internett]

Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>

[Funnet 25. mai 2022].

GMC, 2022. *GMCDeepwater*. [Internett]

Available at: <https://gmcdeepwater.com/mining-risers/>

[Funnet 16 mai 2022].

Grønmo, S., 2020. *Store Norske Leksikon*. [Internett]

Available at: https://snl.no/kvalitativ_metode

[Funnet 18 mai 2022].

Grønmo, S., 2020. *Store Norske Leksikon*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/inneholdsanalyse>

[Funnet 18 mai 2022].

Haugan, I., 2013. *Gruvedrift på dypt vann*. [Internett]

Available at: <https://gemini.no/2013/02/gruvedrift-pa-dypt-vann/>

[Funnet 25. mai 2022].

IEA, 2020. *World Energy Outlook*. [Internett]

Available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a72d8abf-de08-4385-8711-b8a062d6124a/WEO2020.pdf>

[Funnet 29. mai 2022].

IEA, 2022. *IEA*. [Internett]

Available at: <https://www.iea.org/about/history>

[Funnet 31. mai 2022].

IEA, 2022. *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*. [Internett]
Available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>
[Funnet 30. mai 2022].

International Seabed Authority, 2022. *ISA*. [Internett]
Available at: <https://www.isa.org.jm/about-isa>
[Funnet 16 mai 2022].

Kawano, S. & Furuya, H., 2021. *Mining and Processing of Seafloor Massive Sulfides: Experiences and Challenges*, Tokyo: Japan Oil, Gas and Metals National Corporation.

Luyendyk, B. P., 2011. *Britannica*. [Internett]
Available at: <https://www.britannica.com/science/authigenic-sediment#ref1098640>
[Funnet 24. mai 2022].

Miller, K. A., Thompson, K. F., Paul, J. & David, S., 2018. *frontiersin.org*. [Internett]
Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2017.00418/full>
[Funnet 14 Mai 2022].

NORSAR, u.d. *Vår dynamiske klode*. [Internett]
Available at: <https://www.jordskjelv.no/om-jordskjelv/vaar-dynamiske-klode/>
[Funnet 22. mai 2022].

North Connect, 2020. *Chapter 23: Noise and Vibration*, Kristiansund: NorthConnect KS.

Ocean Care, 2019. *Oceancare*. [Internett]
Available at: <https://www.oceancare.org/en/our-work/ocean-conservation/underwater-noise/underwater-noise-consequences/>
[Funnet 19 mai 2022].

Olje- og energidepartementet, 2021. *regjeringen.no*. [Internett]
Available at:
<https://www.regjeringen.no/contentassets/a3dd0ce426a14e25abd8b55154f34f20/forslag-til-konsekvensutredningsprogram-l1205562.pdf>
[Funnet 25. mai 2022].

Oljedirektoratet, 2018. *Ressursrapport*. [Internett]
Available at: <https://www.npd.no/fakta/publikasjoner/rapporter/ressursrapporter/ressursrapport-2018/kapittel-8/>
[Funnet 23. mai 2022].

Oljedirektoratet, 2021. *Sulfider*. [Internett]
Available at: <https://www.npd.no/fakta/havbunnsmineraler/sulfider/>
[Funnet 22. mai 2022].

Sharma, R., 2022. *Perspectives on Deep-Sea Mining*. 1 red. Dona Paula: Springer.

SSB, 2022. *Tidenes største handelsoverskudd*. [Internett]
Available at: <https://www.ssb.no/utenriksokonomi/utenrikshandel/statistikk/utenrikshandel-med-varer/artikler/tidenes-storste-handelsoverskudd-i-2021>
[Funnet 22. mai 2022].

Tae-Yoon, K., 2022. *IEA - Critical minerals threaten a decades-long trend of cost declines for clean energy technologies*. [Internett]

Available at: <https://www.iea.org/commentaries/critical-minerals-threaten-a-decades-long-trend-of-cost-declines-for-clean-energy-technologies>

[Funnet 31. mai 2022].

