



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



Rapport nr.: 2018:013	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: 3D-modellering og visualisering av karbonatforekomsten ved Breivoll, Rolla.			
Forfatter: Henderson, I.H.C., Raaness, A. & Korneliussen, A.	Oppdragsgiver: Ibestad Kommune		
Fylke: Troms	Kommune: Ibestad		
Kartblad (M=1:250.000) Troms	Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater: Breivoll karbonater	Sidetall: 25 Kartbilag:	Pris:	
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 10.05.2018	Prosjektnr.: 371300	Ansvarlig:
Sammendrag: <p>Basert på geologisk overflatekartlegging og borehulls data fra Kaspersen (2015) er det konstruert en 3D-modell av de viktigste karbonat-sonene ved Breivoll i Rolla-forekomsten. Totalt er det lagt inn 19 borehull i 3D MOVE med tilhørende avviksmålinger og analysedata av Fe+Mn innholdet i karbonaten. En samlet Fe+Mn innhold under 250ppm anses som karbonat av høy kvalitet. Tre hovedvolumer definerer tre karbonatsoner (sone 1, sone 2 og sone 3). Disse volumene er basert på analysert karbonat i borehullene. Sone 4, som er kjent fra overflatekartlegging, er ikke modellert fordi den ikke er påtruffet i noen av borehullene. For den delen av forekomsten som er boret opp inneholder sone 1 ca. 22 millioner m³ (ca. 60 millioner tonn) karbonat av alle kvaliteter. Sone 2 inneholder ca. 63 millioner m³ (ca. 170 millioner tonn) og Sone 3 inneholder ca. 64 millioner m³ (ca. 173 millioner tonn). Innenfor volumene til sonene 1, 2 og 3 er det i tillegg definert delvolum for de deler av forekomsten som inneholder høykvalitets karbonat med Fe+Mn < 250ppm. Total er det konstruert 13 slike delvolum. Sone 1 har to delvolum med et samlet kubikkinnhold på ca. 864 000m³ tilsvarende en tonnasje på ca. 2,3 millioner tonn. Sone 2 har sju delvolum med samlet kubikk på ca. 5,7 millioner m³ tilsvarende ca. 15 millioner tonn. Sone 3 har fire delvolum med samlet kubikk på ca. 8 millioner m³ tilsvarende ca. 22 millioner tonn. Videre arbeid bør fokusere på mer detaljert feltarbeid for å forstå den tektoniske oppdelingen av karbonatsonene, som kan benyttes i en mer detaljert modell. Modellen viser at borehullstettheten er veldig dårlig og at boringen definerer forekomsten i 3D ganske grovt. Et tettere borehulls-program bør derfor være en forutsetning for videre arbeid med forekomsten.</p>			
Emneord: Breivoll	Rolla	karbonat	
3D	Modellering	3DMOVE	
volumer			

INNHold

1. Innledning	5
2. Metodikk	6
2.1 Tilrettelegging av data	6
2.1.1 Plassering og avviksmåling	6
2.1.2 Borekjerne logger	6
2.2 3D-modellering	7
2.3 Moveviewer	7
3. Resultater	13
3.1 Høydemodell og ortofoto	13
3.2 Høydemodell og regionalgeologi	14
3.3 Drapering av overflatekartlegging	15
3.4 Borehull med avviksmåling og Fe-Mn-analyse	15
3.5 Geologisk modell	17
3.6 Volumberegninger basert på kjemiske analyser	17
3.7 Volumer av høy-kvalitet karbonat	18
3.7.1 Metodikk	18
3.8 Høydekoter	21
3.8.1 Høydekoter til toppen av de analyserte volumene	21
3.9 Presentasjonsvideo	22
4. Konklusjoner	23
5. Anbefalinger for videre arbeid	23
5.1 Utføring av en mer detaljert modell	24
5.2 Tettere borehulls program	24
5.3 Mer detaljert feltarbeid	24
6. Referanser	25

FIGURER

Figur 1: Filene og mappene i ftp mappen..	7
Figur 2: Dobbelklikk på applikasjonsfilen og følg instruksjonene for å installere	8
Figur 3: Øverste menylinje i MOVEVIEWER	8
Figur 4: Nederste menylinje i MOVEVIEWER	8
Figur 5: Musetast som må til for å kunne bruke modellen.	9
Figur 6: MOVEVIEWER, som det ser ut når det åpnes	9
Figur 7: Menyen til venstre i MOVEVIEWER.	10
Figur 8: Object-menyen som viser alle overflater som er konstruert i modellen.	11
Figur 9: Endelige volumer konstruert fra bunn- og toppoverflater	11
Figur 10: Egenskapsvindu som viser beregning av valgt volum.	12
Figur 11: Bruk av Display og Toggle Selected.	12
Figur 12: Høydemodell drapert med ortofoto for hele Rolla.	13
Figur 13: Drapering av ortofoto over høydemodell.	14
Figur 14: Høydemodellen med drapert regional geologi av El Saleh (1969).	14
Figur 15: Høydemodell med drapert overflatekartlegging fra Kaspersen (2015).	15
Figur 16: 3D-bilde fra sør som viser den geologiske overflatekartleggingen	16
Figur 17: Detaljer fra ett av borehullene som viser oppdeling basert på analyse	16
Figur 18: 3D-bilde fra sør av volum laget basert på topp- og bunn-overflater	17
Figur 19: Volum fra bunn- og toppoverflater av de respektive karbonatsoner.	18
Figur 20: Volum laget ut i fra den høyeste kvalitet (<250ppm Fe+Mn) karbonat	19
Figur 21: De samme volumene vist i Figur 20 men i 3D-rom	19
Figur 22: Toppoverflaten til sone 3 (analysert) med høydekoter	21
Figur 23: Object-menyen på venstre siden av MOVEVIEWER.	22

TABELL:

Tabell 1: Høykvalitets-karbonatsonene ved Breivoll basert på en gridstørrelse på 1m.	20
Tabell 2: Høykvalitets-karbonatsonene ved Breivoll basert på en gridstørrelse på 10m.	20

1. Innledning

Den hvite kalkspatmarmoren ved Breivoll-Skog på øya Rolla i Ibestad kommune ble av NGU (Korneliussen m. fl. 2011) vurdert å være en mineralressurs med mulighet for framtidig næringsvirksomhet.

Kommunen og Troms fylkeskommune fulgte opp NGUs anbefaling om videre undersøkelser, og det ble skaffet til veie midler til et oppfølgende prosjekt. Geokonsulent Perry O. Kaspersen ble av kommunen engasjert som prosjektleder, og det ble i det påfølgende kjerneboret 19 borehull på til sammen 2234 m (Kaspersen 2015).

Tilgjengelig geologisk informasjon ble deretter sammenstilt av Korneliussen og Raaness (2016).

Et sentralt punkt for grunneierne så vel som for kommunen er hvorvidt framtidig gruvedrift vil kunne skje ved underjordsdrift på en slik måte at ulempene for lokalbefolkningen blir akseptable. Dette har en hittil ikke kunne besvare på en tilfredsstillende måte.

For å komme videre i denne prosessen har det vært nødvendig å utarbeide en 3D-modell, som er bakgrunnen for dette prosjektet og denne rapporten.

Hovedinnholdet er:

- Geologisk modell over karbonatbergartene ved Breivoll, sørøst på Rolla.
- Volum beregning av hovedkarbonatsonene.
- Beregnet volum og tonnasje av de karbonatsonene som har best kvalitet, dvs. de sonene som i gjennomsnitt inneholder karbonat med under 250 ppm karbonatbundet (syreløselig) jern (Fe) og mangan (Mn).
- Digital 3D-modell som med noe instruksjon (beskrevet i rapporten) vil kunne brukes i den videre detaljplanleggingen, i samspillet mellom kommunen og grunneierne. I prinsippet vil hvem som helst kunne benytte modellen, som for eksempel interesserte privatpersoner og eventuelle industriselskap.
- Det er også utarbeidet en video som kan brukes i presentasjonssammenheng for grunneiere og andre interesserte.

2. Metodikk

2.1 Tilrettelegging av data

Arbeidet bygger på data innsamlet av K. Nilsen og P. Kaspersen og rapportert av Kaspersen (2015) og av Korneliussen & Raaness (2015). Alle tilgjengelige data ble tilrettelagt for 3D modellering og tolkning.

2.1.1 Plassering og avviksmåling

Koordinater for startpunktene av borehullene i overflaten er hentet fra Kaspersen (2015). Borehullene ble først tegnet inn i 3D med definert retning og et fall. Dette gir en rett linje i 3D rom, men i virkeligheten er de fleste borehullene ikke rette. Det kan være flere årsaker til dette. Det kan være problemer med boreutstyr eller bøyning av borestrengen på grunn av varierende hardhet i bergartene. Avvik er også veldig vanlig ved boring gjennom flere typer bergarter, særlig i kontakten mellom bergartstypene. Derfor er avviksmåling av alle borehull vanlig praksis ved kjerneboring av mineralforekomster. Etter avslutning av kjerneboringen på Breivoll ble borehullene målt med utstyr som måler avvik av borehull. Disse data ble lastet inn via et separat Excel ark som XYZ koordinater. Alle borehull på Breivoll er avviksmålt og borestrengene vist i 3D rom er korrigert for avvik. Det er imidlertid veldig lite avvik i borehullene.

2.1.2 Borekjernelogger

Borehulls-programmet ble utført av boreentreprenøren Arctic Drilling Company Ltd. (ADC) i den opprinnelig geologisk prosjekt (Kaspersen, 2105). I dette arbeidet ble borekjernene til dels relogget basert på bilder, og dels ved fysisk inspeksjon av kjernematerialet på NGUs borekjernefasiliteter på Løkken.

For å kunne lage en geologisk modell i 3D har det vært nødvendig å forenkle de eksisterende borekjerneloggene. I loggene som ble utferdiget av Kaspersen (2015) ble det brukt 39 ulike bergartsbetegnelser. En god del av disse betegnelsene ble benyttet på færre enn 3 sekvenser, og mange er varianter over samme tema. Eksempler på dette er amfibol-biotitt-skifer, amfibolitt-biotitt-skifer, biotittskifer, biotittgneis, glimmerskifer-amfibolitt og glimmerskifer. Disse har alle blitt forenklet til "glimmerskifer" under reloggingen. Forenklingen er primært gjort på bakgrunn av bilder av kjernene, men for å sikre kvaliteten på de bildebaserte forenklede loggene har et utvalg kjerner blitt logget på nytt.

I tillegg til at man har sett på de ulike bergartsklassene, har det også vært nødvendig å se på mektigheten av de ulike enhetene. Et av formålene med å lage en 3D-modell er å kunne se hvordan de ulike bergartsenhetene forløper i forhold til terrengoverflaten, og da særlig hvordan de økonomisk interessante enhetene opptrer. Ved eventuell drift vil en produsent være avhengig av at de drivbare enhetene har den nødvendige mektighet.

Som et kompromiss mellom den detaljerte og komplekse geologien, og den forenklede oversikten man ønsker å gi i denne rapporten, har en valgt å ikke skille ut enheter med mektighet mindre enn ca. 1 meter unntatt i de tilfeller hvor sonen ansees som en viktig geologisk markør.

2.2 3D-modellering

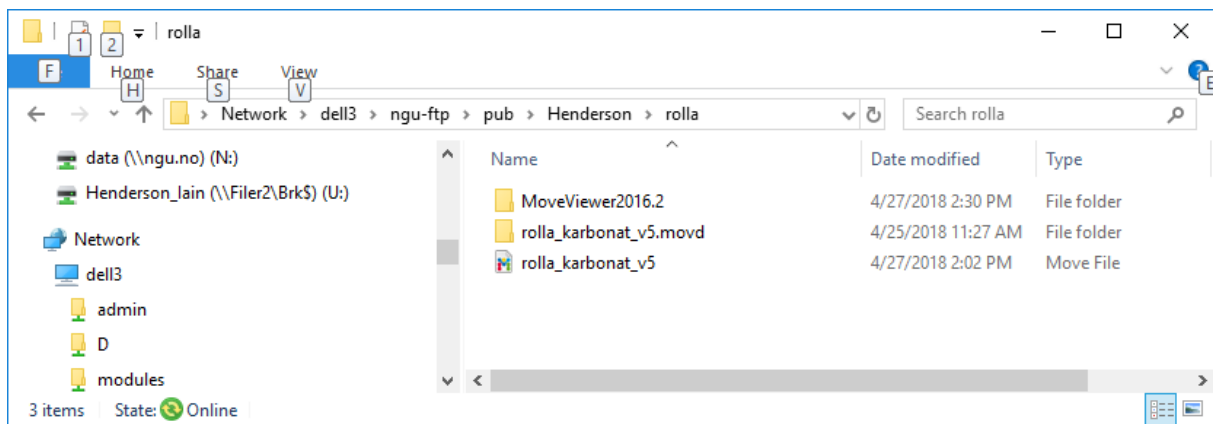
3D-modellen bruker topografiske data fra kartverket (høydemodell) i form av 10m DEM lastet ned fra høydedata.no. Over høydedataene er det drapert ortofoto fra Norgebilder.no, El Salehs berggrunnskart (1969), og K. Nilsens berggrunnskart (Kaspersen, 2015).

I tillegg er analysedata fra både Kaspersen (2015) og Korneliussen & Raaness (2015) brukt som grunnlag for å plukke ut de beste sonene som ligger til grunn for mengdeestimatene.

2.3 Moveviewer

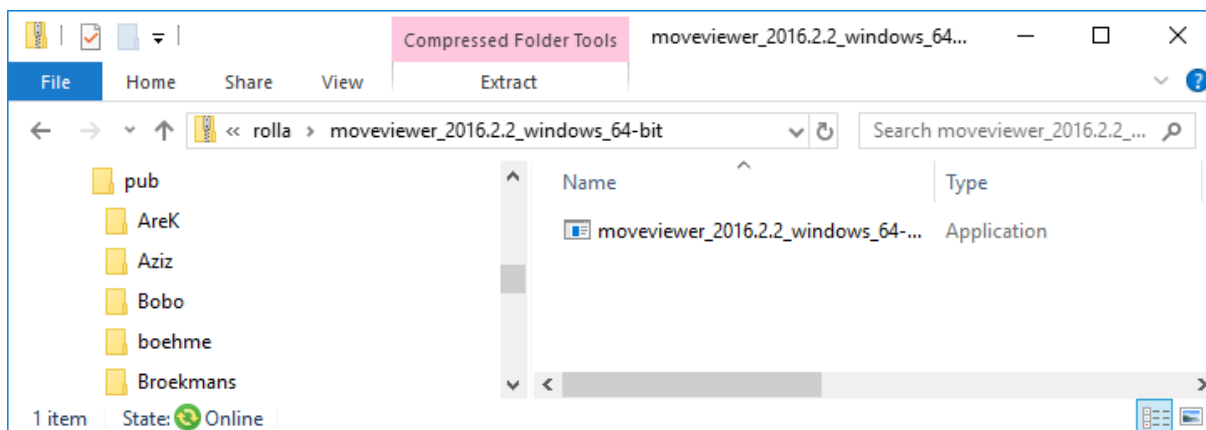
3D-modellering er utført med hjelp av programvaren 3D MOVE utviklet av *MIDLAND VALLEY* (mve.com). Denne programvaren er utviklet for geologer og er et tungt faglig verktøy med mange integrerte funksjoner. I tillegg har samme selskap utviklet et gratis søsterprodukt, MOVEVIEWER, som tillater visualisering av modeller laget i 3D MOVE, men uten muligheten til å redigere. Mer informasjon om programvaren finnes på mve.com. I MOVEVIEWER er det lagt opp til at ikke-geologer skal kunne få tilgang til modellen, med de samme funksjoner som i 3D MOVE bortsett fra muligheten til å redigere modellene. Dette avsnittet forklarer hvordan en navigerer gjennom programvaren og hvordan en får mest mulig ut av å visualisere modellen. For å få tilgang til modellen må en laste ned både programvaren og modellfilene fra denne ftp linken:

<ftp://ftp.ngu.no/pub/Henderson/rolla/>



Figur 1: Filene og mappene i ftp mappen. Alt må kopieres over på en lokal PC og MOVEVIEWER må installeres.

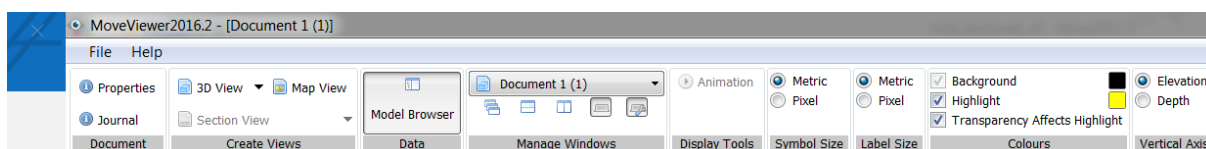
Mappen vises i Figur 1. Det er tre elementer. En MOVEVIEWER mappe, en mappe for alle MOVE-filer (.movd) og en 3D-fil som heter *rolla_karbonat_v5*. Etter at filene har blitt lagret på en lokal harddisk, åpnes MOVEVIEWER-mappen. Mappen ser ut som vist i Figur 2.



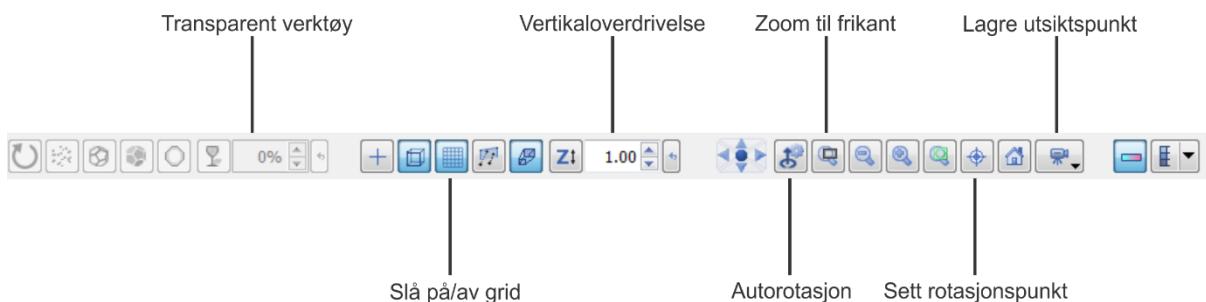
Figur 2: Etter å klikke på den MOVEVIEWER mappen ser man dette vinduet. Dobbelklikk på applikasjonsfilen og følg instruksjonene for å installere MOVEVIEWER.

Dobbelklikk på *moveviewer*. Dette installerer MOVEVIEWER.

Etter at filene er lastet ned, åpnes MOVEVIEWER og deretter modell-filen (*rolla_karbonat_v5*) i MOVEVIEWER. Flere menyområder er fremvist. Figur 3 viser den øverste menyen. Filen åpnes med en hvit bakgrunn. For å få en mer behagelig opplevelse bør man endre bakgrunnen til svart. Dette gjøres i den øverste menyen (Figur 3).

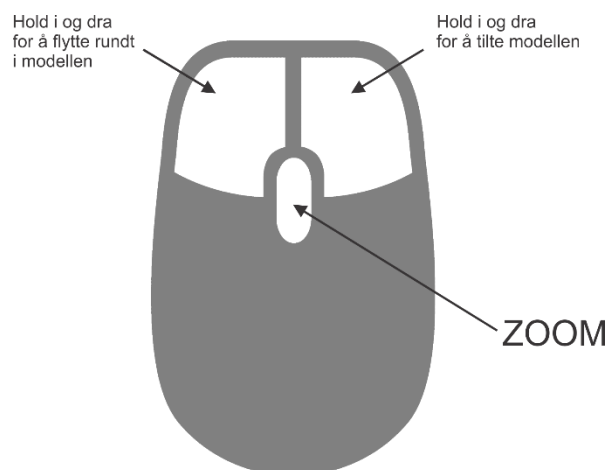


Figur 3: Øverste menylinje i MOVEVIEWER. Den viktigste knappen her er den som endrer bakgrunnsfargen til høyre.



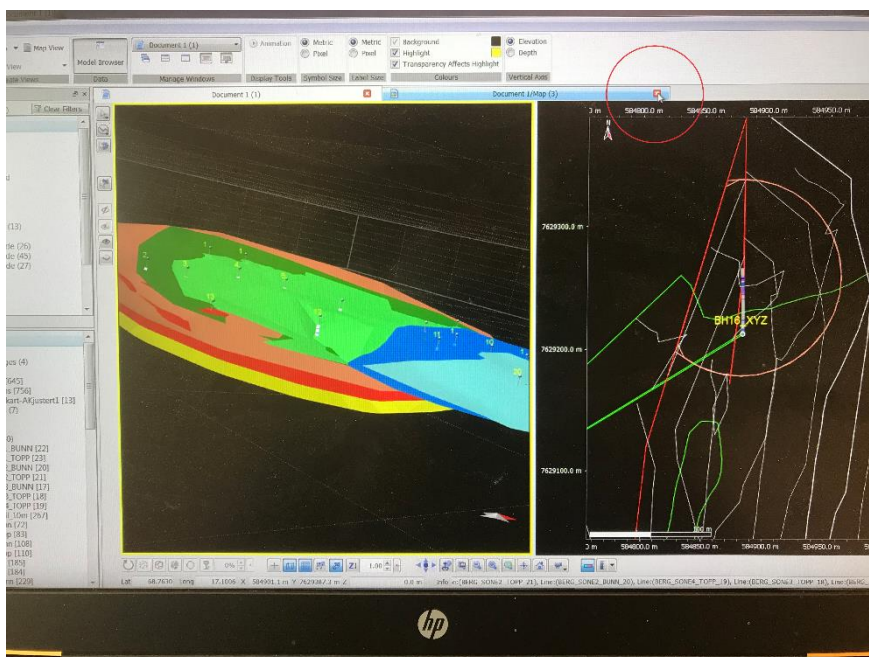
Figur 4: Nederste menylinje i MOVEVIEWER. Det er mange knapper her men de viktigste er beskrevet i det følgende.

Figur 4 viser den nederste menyen i MOVEVIEWER. Her er det flere viktige knapper som kan forbedre visualiseringsopplevelsen. To av de viktigste funksjonene er *transparent* og *sett rotasjonspunkt*. Ved å klikke på et objekt, enten i *Layer*-menyen til venstre (f.eks. Figur 7) eller i selve 3D-vinduet kan man justere graden av transparens. Ved å klikke på *sett rotasjonspunkt* kan man endre hvordan modellen roterer. Dette er veldig viktig når man skal zoome inn for å se på forskjellige objekter i modellen. En treknappsmus er nødvendig for å kunne utforske modellen; de forskjellige musetastene er vist i Figur 5.



Figur 5: Denne figuren viser de forskjellige musetast som må til for å kunne bruke modellen.

Figur 6 viser hvordan brukergrensesnittet ser ut når det er åpnet. Det er en svakhet i programvaren som gjør at et konstruksjonsvindu åpner seg til høyre. Dette kan enkelt fjernes slik at det kun er 3D-vinduet som vises.



Figur 6: MOVEVIEWER, som det ser ut når det åpnes. Konstruksjonsvinduet til høyre fjernes ved å klikke på knappen anviset med en rød sirkel på figuren.

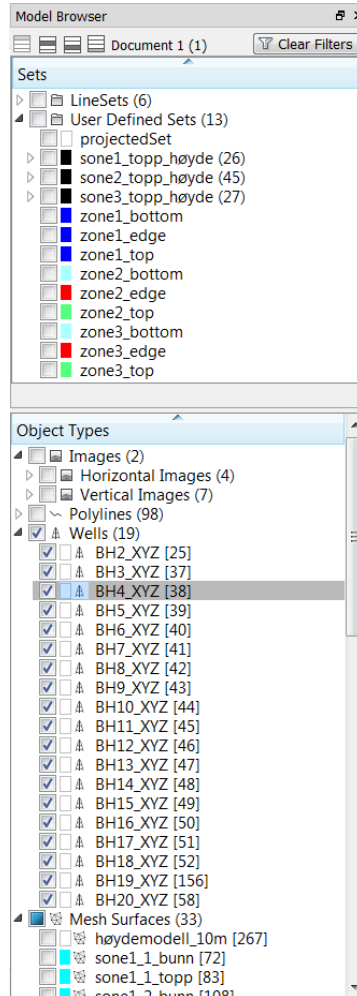
Selve modellen er bygget opp av mange elementer og strukturer. De forskjellige elementene i modellen er presentert i den største menyen til venstre. Dette er *Layer*-menyen og vises i Figur 7. Elementene består av flere grupperinger. Øverst er *Linesets* som består av alle linjer i modellen. Nederst er *Object Types* som består av alle andre objekter enn linjer. Her er det borehull, overflater og volumer.

Figur 8 viser alle overflater laget i modellen. Her er det en rekke overflater som er bunn- og topp-overflater som avgrensede volumene som er laget til slutt. Overflatene og volumene blir nærmere diskutert i avsnitt 3.5.

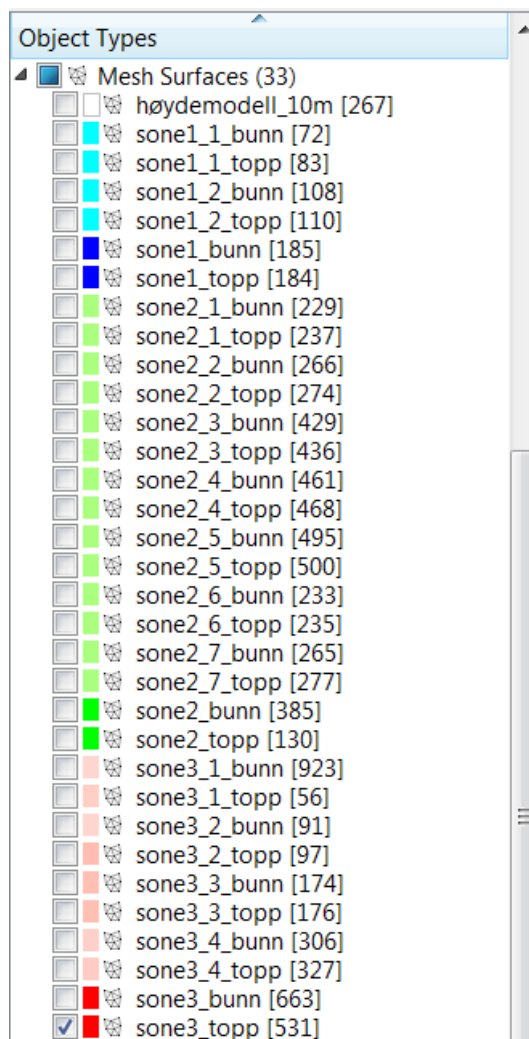
Nederst i *Layer*-menyen er det et element som heter *Tetrahedrons* (Figur 9). Disse er de endelige volumene som er laget med bunn- og topp-overflatene som avgrensning. Ved å

høyreklikke på volumelementene i *Layer*-menyen eller i selve 3D-vinduet kan man få opp voluminformasjon for de enkelte volum (Figur 10).

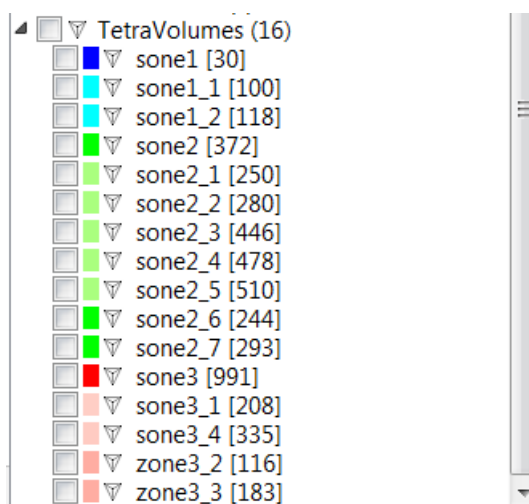
Alle elementer i modellen kan slås av eller på ved å hake av eller på i firkanten ved siden av elementet. Flere elementer kan slås av/på ved å følge instruksjonen i Figur 11.



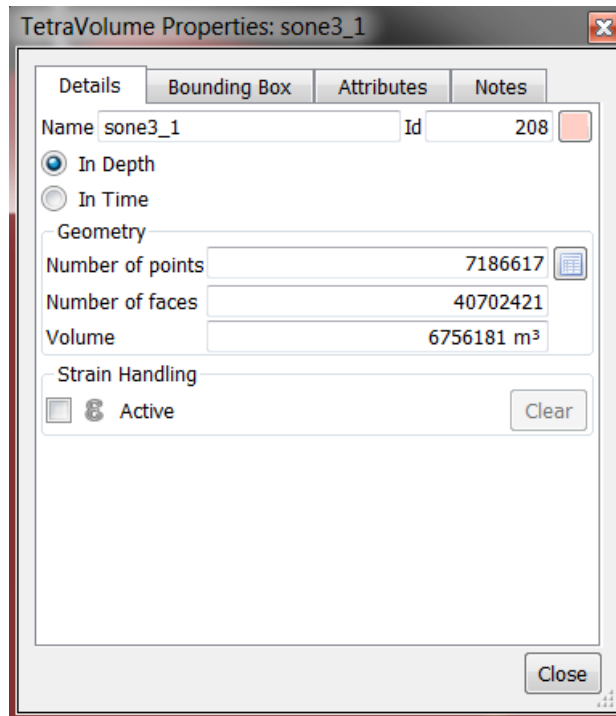
Figur 7: Menyen til venstre i MOVEVIEWER. Det er to hoveddeler. Den øverste er 'Sets'. Denne inneholder grupperinger for de forskjellige linjeverk i MOVEVIEWER. I 3D MOVE ligger det her mange konstruksjonslinjer som er grunnlag for overflater og volum. De er ikke overført fra 3D MOVE. Det eneste linjeverk her er høydekoter som er relatert til de konstruerte overflatene. Det nederste området er 'Object Types'. Her er det *Horizontal Images* (Kart), *Vertical Images* (profiler), *Wells* (Borehull) og *Mesh Surfaces* (overflater). Alt kan slås av og på ved å hake av i firkantene.



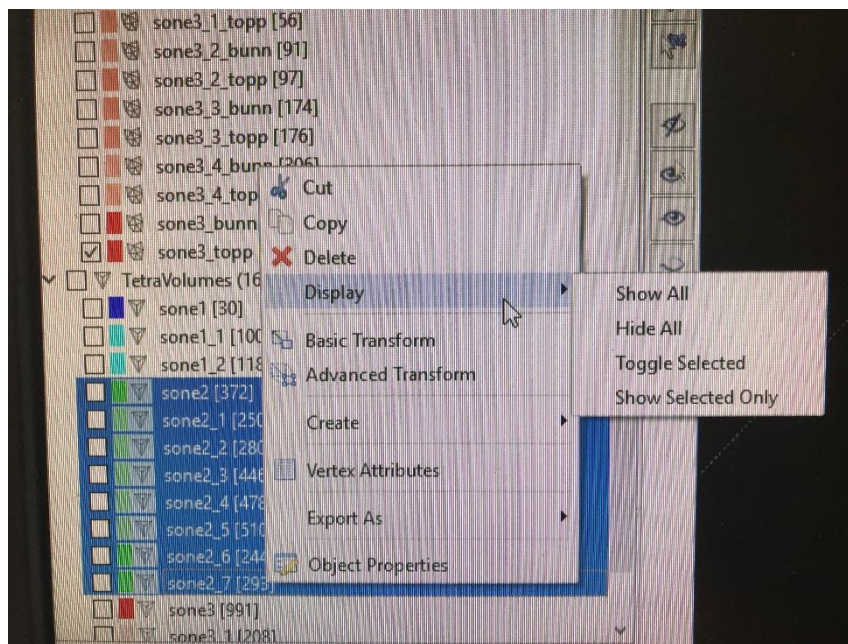
Figur 8: Object-menyen som viser alle overflater som er konstruert i modellen. Blå er volum assosiert med karbonat sone 1, grønn sone 2 og rosa/rød sone 3. Sone 1_bunn er bunnoverflaten av den analyserte volum for sone 1. Sone2_1_topp er toppoverflaten av den første volum (1 av 7) høykvalitetskarbonat i sone 2 osv.



Figur 9: Endelige volumer konstruert fra bunn- og toppoverflater i Figur 8 (se nederst i *Object types*). Totalt er det 16 volum.



Figur 10: Ved å høyreklikke på enkelte volum (enten i 3D-vinduet eller *Object*-menyen) får en opp et egenskapsvindu som viser beregning av valgt volum. Tonnasjen er ca. 2,7 ganger volum i m³. I dette tilfellet (volum Sone3_1) er tonnasjen ca. 18,2 millioner tonn.



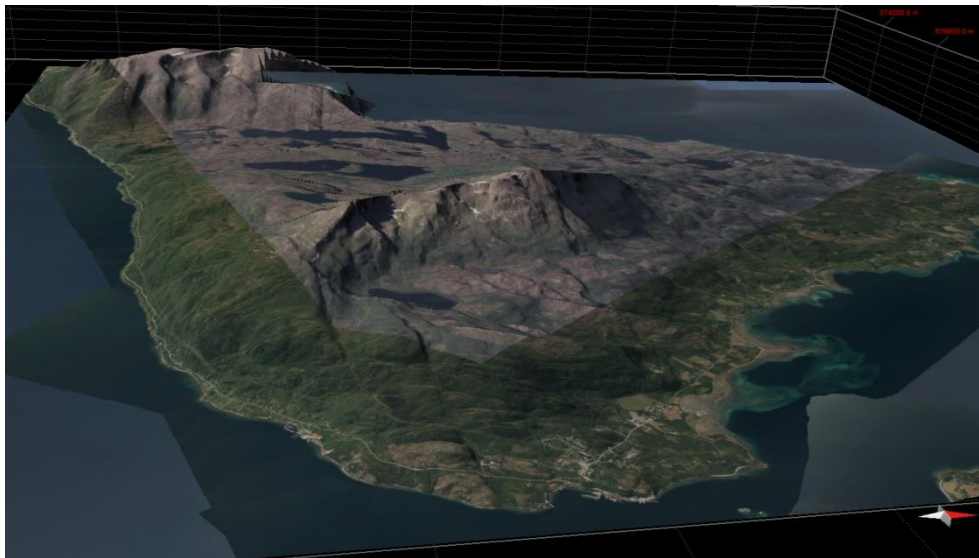
Figur 11: Ved å holde inne shift og samtidig velge flere elementer etterfulgt av høyreklikk, kan en slå av og på flere elementer samtidig ved bruk av *Display* og *Toggle Selected*.

3. Resultater

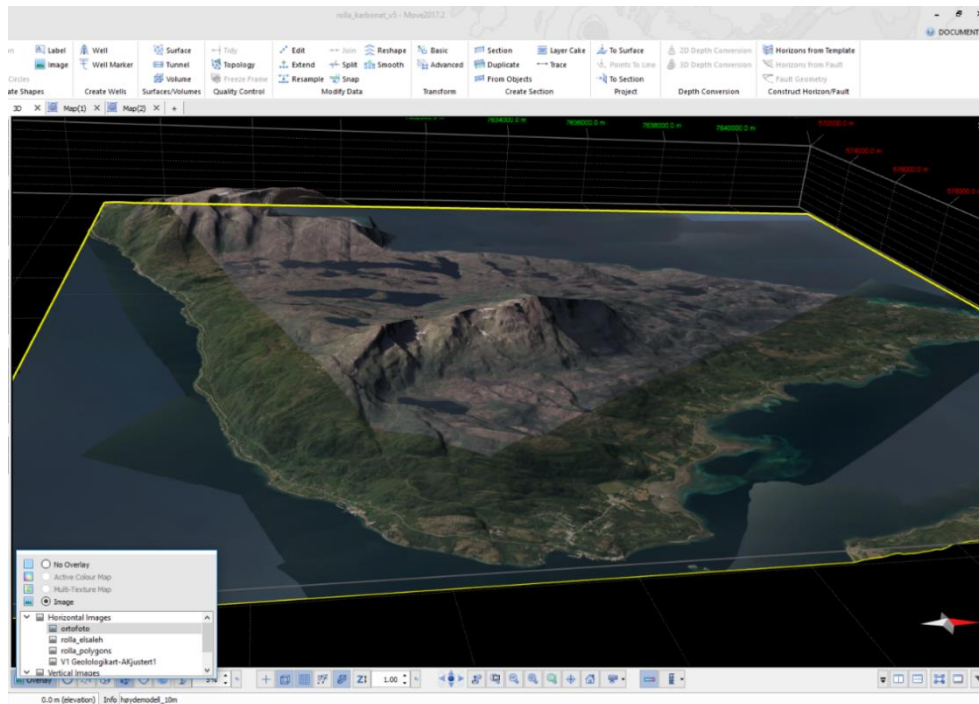
Dette avsnittet presenterer resultatene av 3D-modellering av Rolla-karbonatene. Modellen består av mange elementer som gjennomgås hver for seg og som forklarer oppbyggingen av modellen.

3.1 Høydemodell og ortofoto

Grunnlaget for modellen er 3D-topografiske data. Disse er lastet ned fra *høydedata.no* og består av 10m DTM av hele Rolla (Figur 12). Georefererte ortofoto er drapert over høydemodellen. Bildene kan slås av og på ved å klikke på høydemodell enten i *Layer*-menyen eller i selve 3D-vinduet og deretter klikke på *Overlay* i den nederste menyen (Figur 13). Dette kan man også gjøre med andre horisontale bilder.



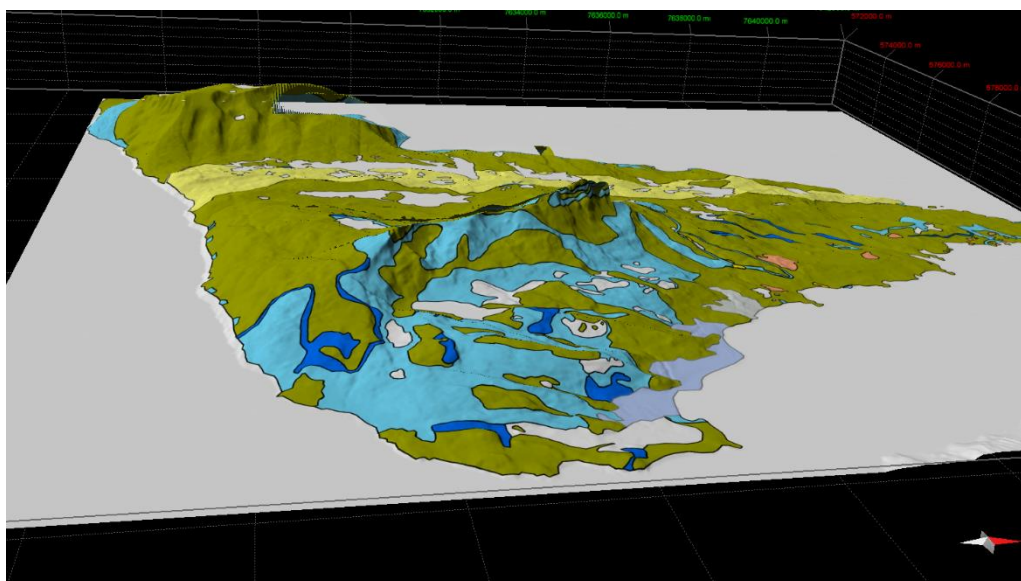
Figur 12: Høydemodell drapert med ortofoto for hele Rolla.



Figur 13: Drapering av ortofoto over høydemodell.

3.2 Høydemodell og regionalgeologi

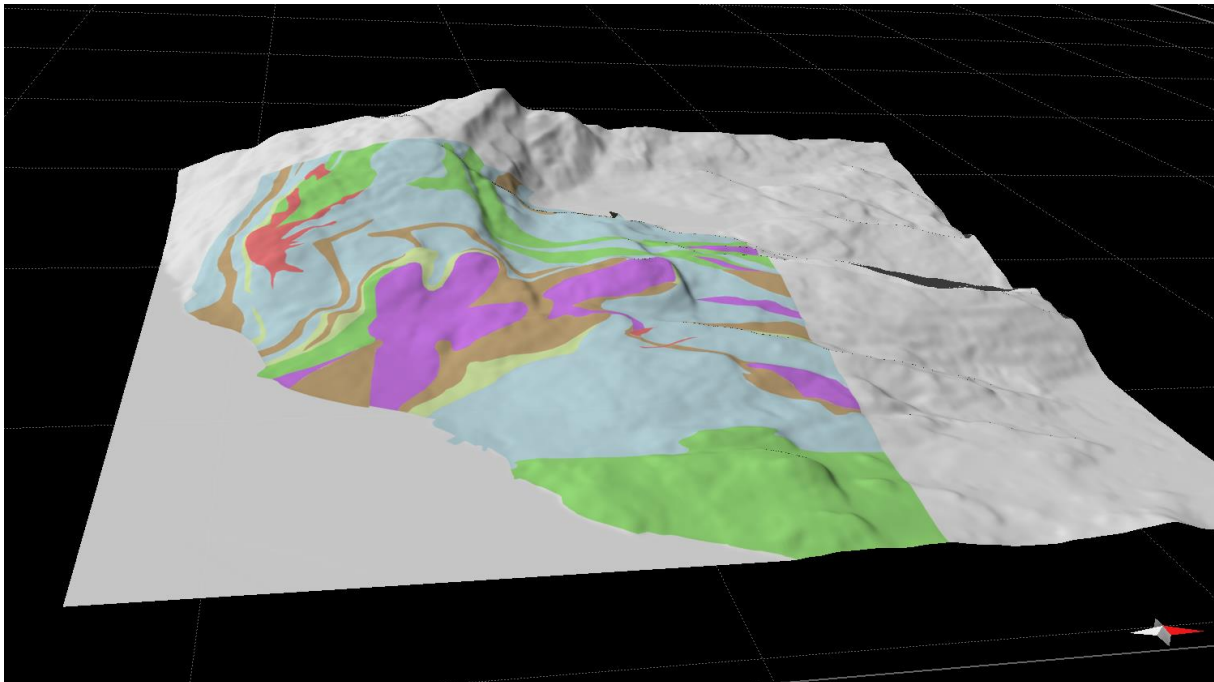
Figur 14 viser høydemodellen drapert med et digitalisert regionalgeologisk kart basert på El Saleh (1969). Her får man et godt inntrykk av hvordan karbonat opptrer i forhold til landskapet. Man kan gå frem og tilbake mellom en ren høydemodell, ortofoto og regionalgeologi i *Overlay* i den nederste menyen.



Figur 14: Høydemodellen med drapert regional geologi av El Saleh (1969). Karbonatlagene vises med en blå farge. Lys blå er kalkspatmarmor, mørk blå er dolomittmarmor.

3.3 Drapering av overflatekartlegging

Figur 15 viser den samme høydemodell drapert med en digitalisert utgave av K. Nilsens detaljerte overflatekart (Kaspersen, 2015). Denne vises med samme metode som de andre lag ved å velge laget som heter *VI Geologikart-AKjustert1* i *Overlay*-funksjonen i den nederste menyen. Merk at det kun er den delen av høydemodellen som overlapper med det draperte laget som vises. Om man skal rotere modellen nå er det viktig å velge et nytt rotasjonspunkt siden rotasjonspunktet ligger i midten av den høydemodellen som dekker hele Rolla. Dette gjør man med å klikke på *sett rotasjonspunkt*-knappen i den nederste menyen (nærmere høyre siden) som ble vist i Figur 4.



Figur 15: Høydemodell med drapert overflatekartlegging fra Kaspersen (2015).

3.4 Borehull med avviksmåling og Fe-Mn-analyse

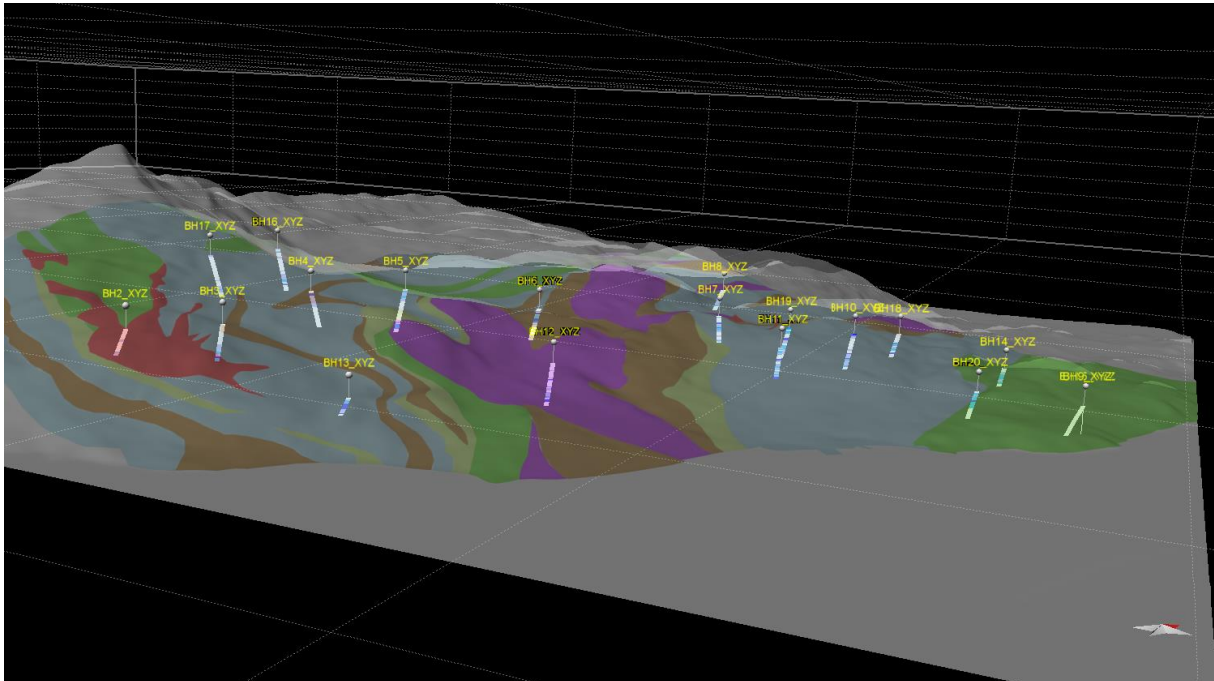
Etter forenklingsarbeidet som ble forklart i avsnitt 2.1 var det nødvendig med en omfattende omorganisering av Excel-filene som inneholder borehulls-data, før innlastning av dataene i 3D MOVE. De ferdige Excel-filene ble lastet inn i 3D MOVE med tilhørende avviksmålingsdata (opprinnelig gjort av borefirma ADC) for hvert borehull. Hverken geologisk, analyse eller avviksmålinger fantes for BH15. Alle de andre hull har komplette data og de ferdige borehullene er presentert i 3D-rom i Figur 16. Generelt er avviket i borehullene ubetydelig.

Figur 17 viser hvordan analysene er oppdelt med et eksempel fra BH20. Analysene er delt opp i 4 grupper basert på Fe+Mn innholdet (Korneliussen og Raaness, 2017).

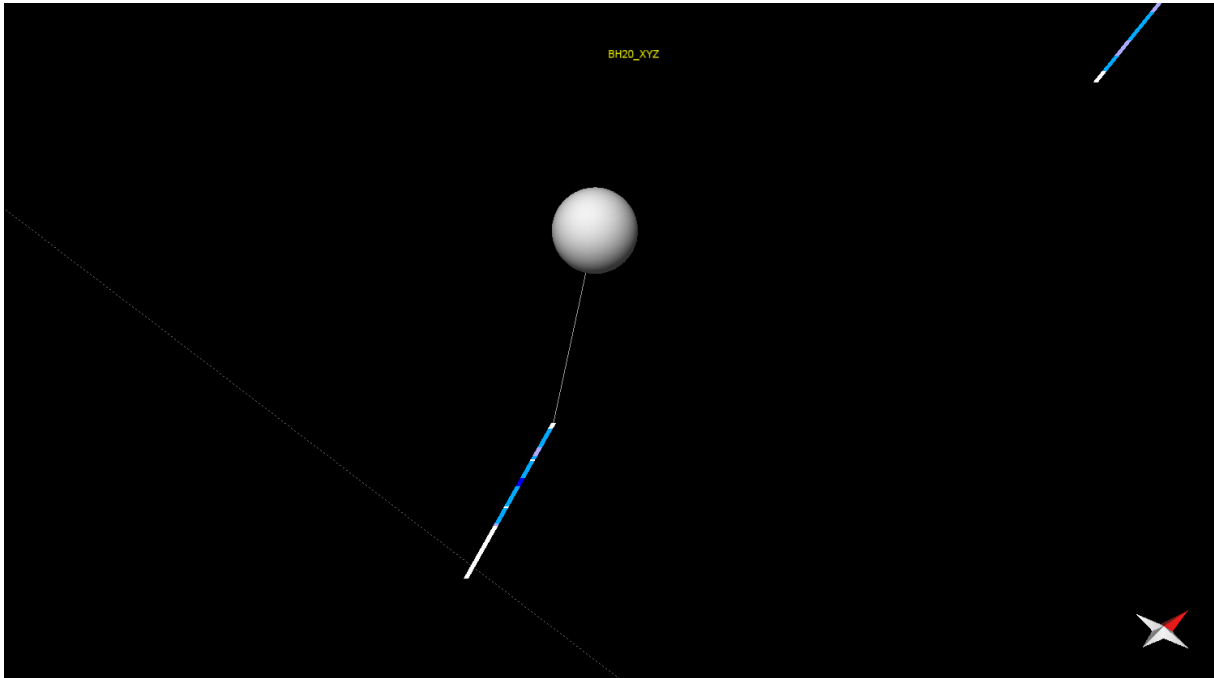
Den hvite fargen viser de delene av borekjernene som er uten analyser. Enheter som ikke er analysert er enten ikke marmor, eller marmor gjennomslutt av for eksempel pegmatitter og som derfor ikke vil være egnet for uttak til karbonatindustri.

Den lyseblå fargen viser analysert karbonat med det høyeste Fe+Mn innhold (>500ppm), det vil si den karbonaten som ansees å ha lavest kvalitet. Den turkise fargen er analysert karbonat med middels Fe+Mn innhold (200-500ppm, som ansees som karbonat av middels kvalitet.

Den mørkeblå fargen viser karbonat med lavt Fe+Mn innhold (>250ppm), og representerer dermed den karbonat som vurderes til å ha høy kvalitet.



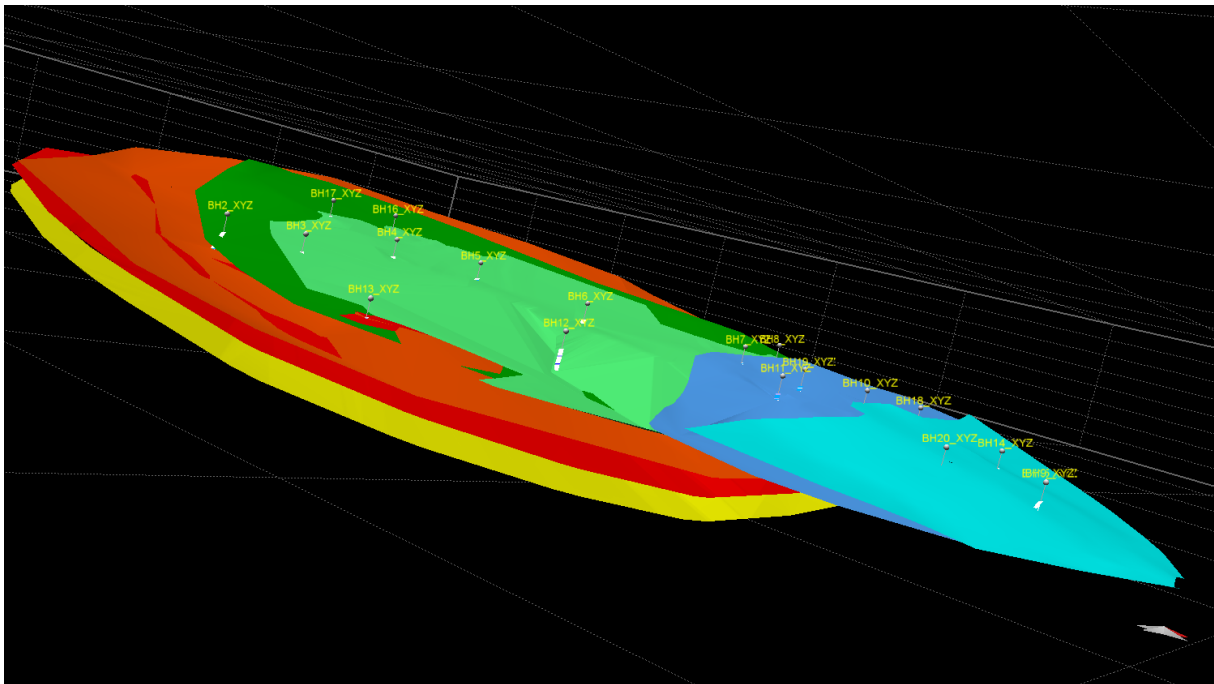
Figur 16: 3D-bilde fra sør som viser den geologiske overflatekartleggingen sett i forhold til borehullene. 19 borehull er lagt inn med tilhørende analysedata, redigert bergartsinformasjon og avviksmalinger.



Figur 17: Detaljer fra ett av borehullene som viser oppdeling basert på analyse. De fire fargene viser oppdeling basert på Fe+Mn innhold. Hvit - ingen analyse, lyseblå - lav kvalitet, turkis - middels kvalitet, mørkeblå - høy kvalitet.

3.5 Geologisk modell

I tillegg til analysedata for borehullene er det benyttet bergartsinformasjon fra borehullsloggene til Kaspersen (2015) og vår egen forenklede logg. Ut ifra dette har vi konstruert en enkel geologisk modell av de fire karbonatlagene. For å synliggjøre hvordan karbonatlagene ligger er de øvrige bergartstypene utelatt. Figur 18 viser et 3D-bilde av de volum som er konstruert basert på topp- og bunn-overflaten av de respektive karbonatlagene som har blitt analysert. Topp og bunn flate til sone 1 er blå (lys-topp, mørk-bunn), sone 2 er grønn (lys-topp, mørk-bunn), sone 3 er rød (lys-topp, mørk-bunn) og toppen av sone 4 er gul. Bunnen av sone 4 er ikke modellert siden den ikke er påtruffet av borehullene. Her er det kun vist overflater av topp og bunn for hver sone uten tilhørende volumberegning.



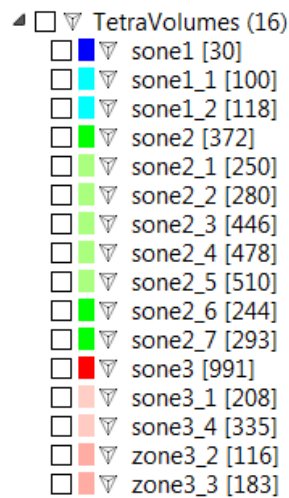
Figur 18: 3D-bilde fra sør av volum laget basert på topp- og bunn-overflaten av det som er analysert i borehullene. Topp- og bunn-flaten til sone 1 er blå (lys-topp, mørk-bunn), sone 2 er grønn (lys topp, mørk bunn), sone 3 er rød (lys topp, mørk bunn) og toppen av sone 4 er gul.

3.6 Volumberegninger basert på kjemiske analyser

Det ble deretter konstruert volum basert på Fe+Mn innholdet i de analyserte karbonatintervallene i borekjernene. Intervallene omfatter alle de analyseresultatene som har blåfarge i Figur 17. Først er det laget topp- og bunn-overflater for de ulike karbonatsonene. Disse er tidligere vist i Figur 8 og i *Object*-menyen på venstre siden av modellen. Seks overflater er definert, i henholdsvis topp og bunn av hver sone, og betegnes eksempelvis sone1_topp og sone1_bunn. Disse overflatene har et omriss som er avgrenset av volumet som borehullene befinner seg i, og topp og bunn overflatene nærmer seg slik at de kiler ut mot kanten av de avgrensede område.

Ut i fra disse volumer har vi laget volumer (*voxels*) som har et beregnet volum. Disse volumene vises i *Object*-menyen og i Figur 19 som sone 1, sone 2 og sone 3. Ved å høyreklikke på et volum i *Object*-menyen eller høyreklikke på selve volumen i 3D-vinduet får

man opp informasjon om kubikk. Tonnasjeberegnet er ca. 2,7 ganger kubikk og vises senere i Tabell 1.



Figur 19: Volum som er konstruert ut fra bunn- og toppoverflater av de respektive karbonatsoner. Høyreklikk på enhetene for å få informasjon om kubikkmeter. Tilsvarende tonnasje er ca. 2,7 ganger kubikk.

Sone1 har en kubikk på ca. 22Mm^3 , Sone 2 har en kubikk på ca. 65Mm^3 og Sone 3 har en kubikk på ca. 64Mm^3 . Det må poengteres dette er minimum volum siden vi tar utgangspunkt i omriss av borehullene. Sone 1, 2 og 3 finnes utenfor dette omrisset men er ikke boret opp.

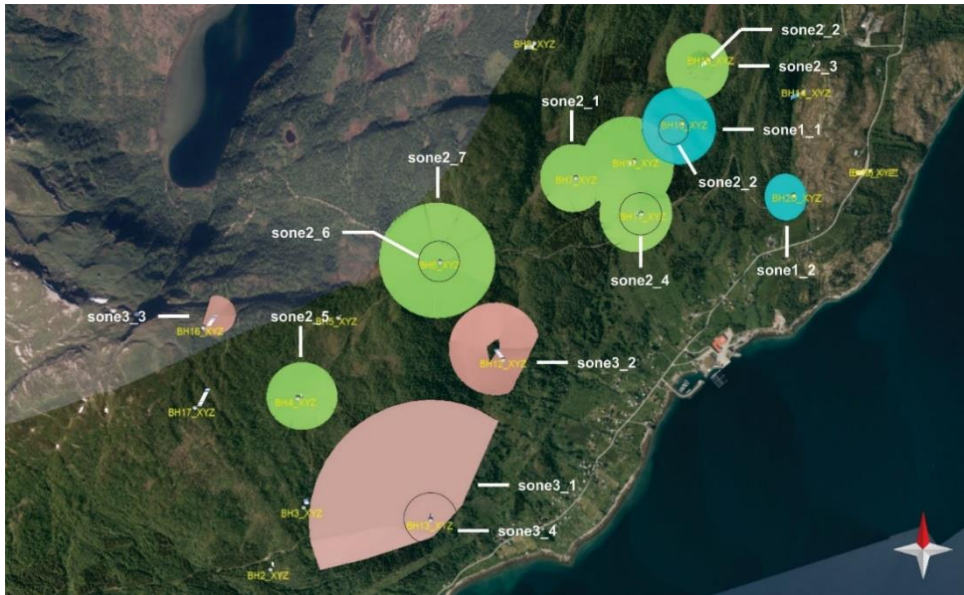
3.7 Volumer av høy-kvalitet karbonat

Ut fra volumene for de tre analyserte karbonatnivåene (1, 2 og 3) er det konstruert individuelle volum for karbonat av høyeste kvalitet, altså av karbonat med $\text{Fe}+\text{Mn} < 250$ ppm (mørkeblå intervaller i borehullene).

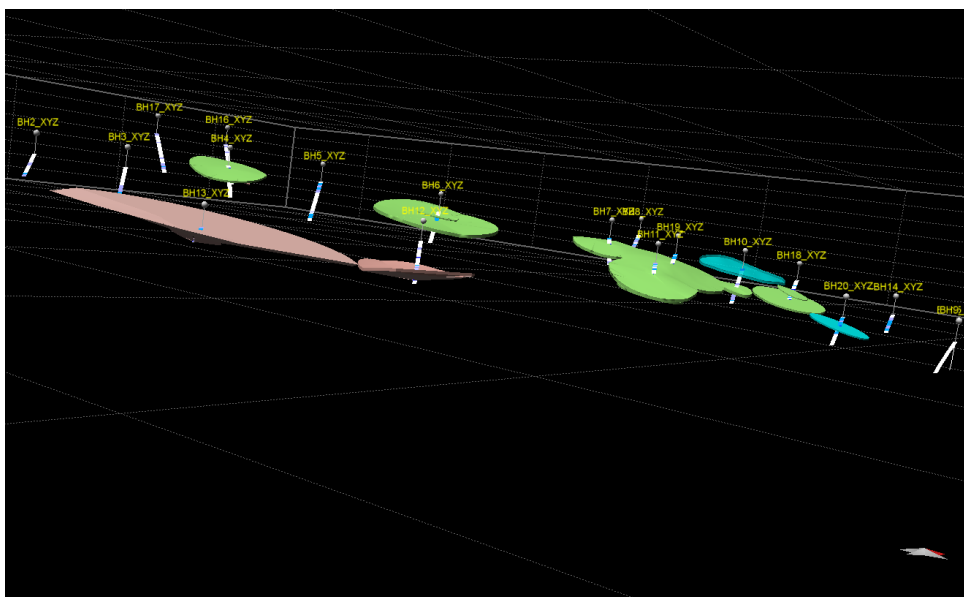
3.7.1 Metodikk

Det er flere måter å konstruere disse volumene på og vi har brukt en del tid på å definere volum som er geologisk realistiske. Vi tar utgangspunkt i tykkelsen av $<250\text{ppm}$ $\text{Fe}+\text{Mn}$ -intervallene i borekjernene og beregner en tallerkenformet plate med radius ut i fra tykkelsen av høykvalitetsintervallet. Etter en del prøving og feiling har vi valgt en løsning hvor tykkelsen av høykvalitets-karbonat avtar utover fra borehullet. Dette gjøres ved å innføre en antatt vinkel. Vi har valgt å bruke en vinkel på 3 grader som vi mener gir geologisk realistiske volum, og med noe overlapp med andre borehull. Hvor det er overlapp, lages det et sammenhengende volum. Figur 20 viser et kartutsnitt fra 3D-modellen sett ovenfra som viser de forskjellige volumer basert på forekomst av beste kvalitet karbonat. Her ser vi 13 ulike volumer. Det er to høykvalitetssoner i sone 1; 7 høykvalitetssoner i sone 2; og 4 høykvalitetssoner i sone 3. Sone 2_1 er en sone som kan gjenfinnes og følges i flere borehull og volumenet har derfor fått en ganske kompleks form. De fleste konstruerte volumene er enkle og kan beskrives med en tallerkenform.

Figur 21 viser de samme volumene i 3D-rom. Resultatet er et ganske komplekst 3D-bilde med volumer med ulike former, størrelser og med forskjellige avstand fra overflaten, noen av dem plassert vertikalt over andre.



Figur 20: De forskjellige volum er laget ut i fra den høyeste kvalitet (<250ppm Fe+Mn) karbonat i borehull. Volumene vises i kartformat og noen av dem ligger opp på hverandre (på forskjellige dyp). Sone 1-volum er vist i turkis farge, sone 2-volum i grønt og sone 3-volum i rødt.



Figur 21: De samme volumene vist i Figur 20 men i 3D-rom. Sone 1-volum er til høyre og øverst, sone 2 i midten og sone 3 til venstre og dypest.

Tabell 1 gir en oppsummering av alle de 13 volum som er konstruert ut fra høykvalitetssoner av karbonat, basert på de modellerte sonene i Figur 21. Alle volumene er basert på en gridstørrelse på 1m. Det må påpekes at disse volumberegningene er svært grove da de er basert på et ganske spredt borehulls-mønster.

Tabell 2 viser en beregning på volumene konstruert med en annen gridstørrelse på 10m. Dette gir en enda grovere volum en de fremvist i Tabell 1 men utgjør modell filstørrelser som er mye mindre. Disse volumene tilhører en annen modell fil på ftp siden som heter *rolla_karbonat_v8*. Derimot er det volumberegningene på 1m gridstørrelse fremvist i Tabell 1 Som refereres til i teksten videre siden det er de beregningen som mest tilsvarer virkeligheten.

Sone	Volum	Kubikk (m ³)	Tonnasje (t)
1	1_1	714 179	1 928 283
	1_2	149 291	403 086
	Totalt sone 1	863 470	2 331 369
2	2_1	2 305 162	6 223 937
	2_2	32 943	88 946
	2_3	424 756	1 146 841
	2_4	309 813	836 495
	2_5	424 087	1 145 035
	2_6	78 565	212 126
	2_7	2 140 421	5 779 137
	Totalt sone2	5 715 747	15 432 517
3	3_1	6 756 181	18 241 689
	3_2	1 129 582	3 049 871
	3_3	59 854	161 606
	3_4	57 705	155 804
	Totalt sone 3	8 003 322	21 608 970
Totalt alle soner		14 582 539	39 372 855

Tabell 1: Oppsummering av de forskjellige volum beregnet ut for høykvalitets-karbonatsonene ved Breivoll. Volumene er basert på en gridstørrelse på 1m.

Sone	Volum	Kubikk (m ³)	Tonnasje (t)
1	1_1	690 210	1 863 567
	1_2	129 192	348 818
	Totalt sone 1	819 402	2 212 385
2	2_1	2 174 507	5 871 169
	2_2	24 321	65 667
	2_3	385 694	1 041 374
	2_4	278 646	752 344
	2_5	384 202	1 037 345
	2_6	65 326	176 380
	2_7	2 041 921	5 513 187
	Totalt sone2	5 354 617	14 457 466
3	3_1	6 600 659	17 821 779
	3_2	1 051 760	2 839 752
	3_3	46 979	126 843
	3_4	48666	131 398
	Totalt sone 3	7 748 064	20 919 773
Totalt alle soner		13 922 083	37 589 624

Tabell 2: Oppsummering av de forskjellige volum beregnet ut for høykvalitets-karbonatsonene ved Breivoll. Volumene er basert på en gridstørrelse på 10m.

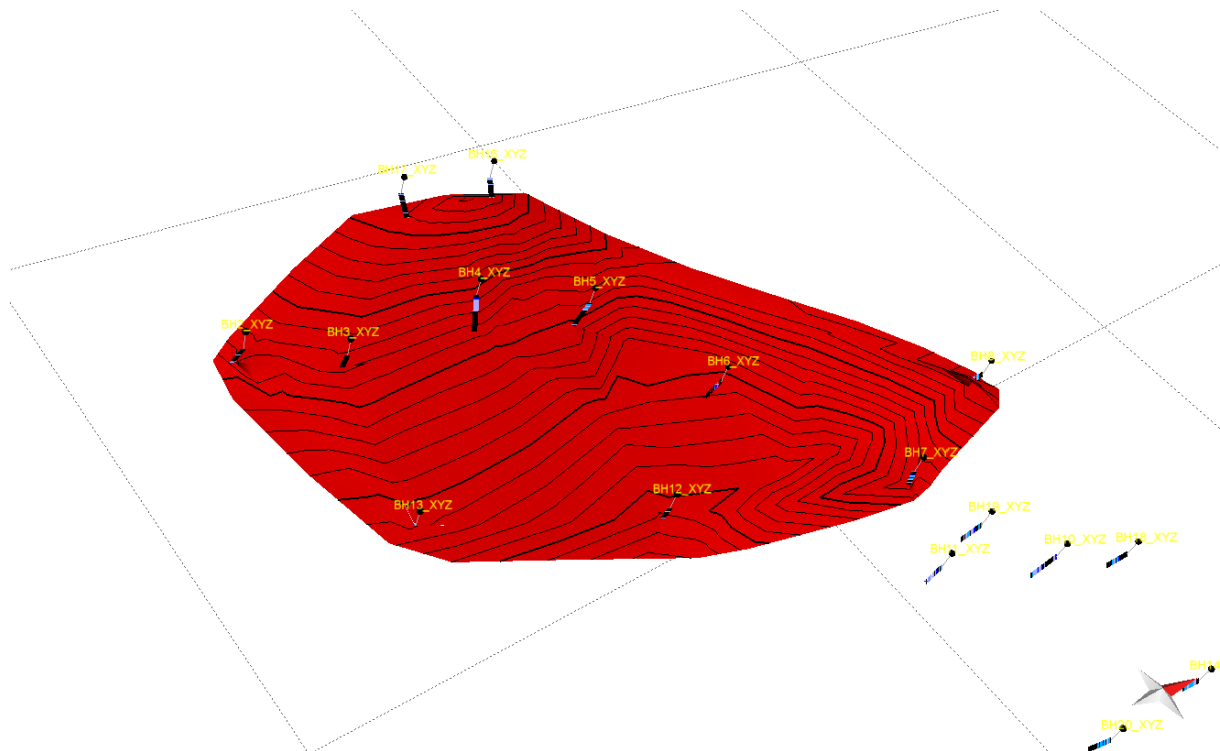
Det må poengteres at dette er en meget konservativ volumberegning og er påvirket av den veldig sprette boremønster. For eksempel, videreføring av boring mellom volumer 2_1 og 2_3 mot nord øst kan føre til påvisning av et betydelig større volum. De samme gjelder for området sørvest fra volum 2_1 mot 2_7 og 2_5. Fokuseret boring her kunne påvise et betydelig større volum. Det samme også gjelder sone 3 hvor det er mangle på borehull mellom sone 3_1 og sone 3_2.

3.8 Høydekoter

En annen visualisering som kan være til nytte for både grunneiere, kommunen og andre mulige interesserte er høydekoter som viser dybder til de modellerte overflatene.

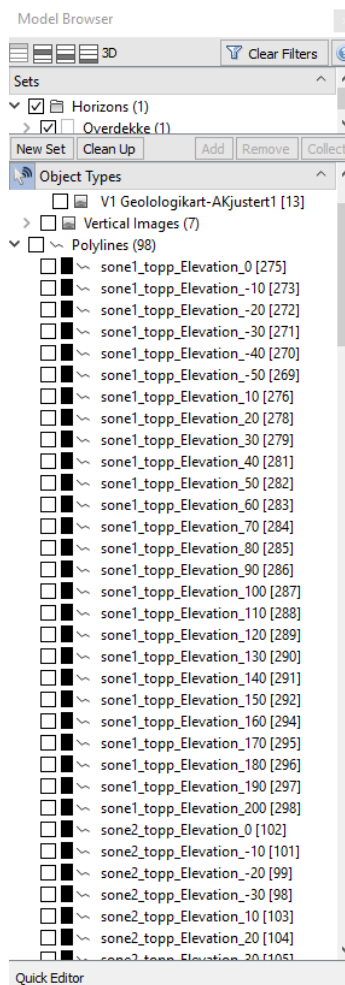
3.8.1 Høydekoter til toppen av de analyserte volumene

Figur 22 viser topp-overflaten for analysert sone 3 med høydekoter for høyde over havet. Det er også laget høydekoter for analyserte volum for sone 1 og 2. Hvis det er ønskelig kan høydekotene skrives ut i som pdf-fil og deretter på papir. Dette kan være et nyttig for bruk i felt for å vise grunneiere og andre interesserte hvor dypt det er til de enkelte karbonatsonene.



Figur 22: Toppoverflaten til sone 3 (analysert). Høydekotene viser dybde under terrengoverflaten, som går fra 270 moh på det høyeste til 20 moh på det laveste.

Høydekotene til sone 1, 2 og 3 kan vises ved å klikke på *Polylines* i Object-menyen på venstre siden i Object-menyen. Dette vises også i Figur 23. Man kan velge å slå på alle høydekotene ved å hake av i *Polylines* firkant eller shift og klikke for å velge kun ett av volumene.



Figur 23: *Object*-menyen på venstre siden av MOVEVIEWER programvaren. Åpne polylines for å vise høydekotene for sone 1, 2 og 3 analysert.

3.9 Presentasjonsvideo

I tillegg til selve 3D-modellen i MOVEVIEWER er det laget en video av modellen i *mp4*-format. Filen heter *rolla_karbonat.mp4*. Videoen viser først en regional høydemodell over hele Rolla med tilhørende ortofoto, og deretter modellen med regional geologi som viser fordeling av karbonat over hele Rolla. Den neste delen av videoen viser topografi og ortofotobilder av den delen av Rolla som har blitt boret opp etterfulgt av borehullene med Fe+Mn verdier. Dette kan være et nyttig produkt for å gjøre modellen enklere å forstå for grunneiere og andre interesserte.

4. Konklusjoner

- Basert på data fra Kaspersen (2015) som inkluderer overflatekartlegging, borehulls-informasjon og tilhørende geologiske profiler, er det konstruert en 3D-modell av de viktigste karbonat-sonene (nivåene) i Rolla-forekomsten.
- 19 borehull er lagt inn i 3D MOVE med tilhørende analysedata av Fe+Mn innholdet i bergarten.
- Tre store volum er tilpasset de tre karbonatsonene (sone 1, sone 2 og sone 3). Disse volumene er basert på analysert karbonat i borehullene. Sone 4 er ikke modellert fordi den ikke er påtruffet i noen av borehullene.
- Hvis vi utelukkende ser på den del av forekomsten som er boret opp, inneholder sone 1 ca. 22 millioner m³ (ca. 60 millioner tonn) karbonat av alle kvaliteter.
- Sone 2 inneholder ca. 63 millioner m³ (ca. 170 millioner tonn)
- Sone 3 inneholder ca. 64 millioner m³ (ca. 173 millioner tonn)
- Innenfor volumene til sonene 1, 2 og 3 er det i tillegg laget delvolum for de deler av forekomsten som inneholder høykvalitets karbonat med Fe+Mn < 250ppm. Totalt er det konstruert 13 slike delvolum.
- Sone 1 har to delvolum med et samlet kubikkinnhold på ca. 864 000m³ tilsvarende en tonnasje på ca. 2,3 millioner tonn.
- Sone 2 har sju delvolum med samlet kubikk på ca. 5,7 millioner m³ tilsvarende ca. 15 millioner tonn.
- Sone 3 har fire delvolum med samlet kubikk på ca. 8 millioner m³ tilsvarende ca. 22 millioner tonn.

5. Anbefalinger for videre arbeid

Den geologiske delen av denne 3D-modellen er forholdsvis enkelt utført. Det er kun hovedkarbonat-lagene som er inkludert. De mindre karbonatlagene og de andre bergartstypene er ikke tatt med. Å ta med alle de forskjellige bergartstypene slik at de gjenspeiler både overflategeologi og geologien som vises i borekjernene vil ta mye lenger tid å modellere.

Det er avgjørende viktig at kommunen og representanter for grunneierne opparbeider erfaring i å bruke den digitale 3D-modellen, gjerne i samspill med NGU, for selv å oppnå en dypere innsikt i hvordan de potensielt verdifulle karbonatsonene opptrer.

5.1 Utføring av en mer detaljert modell

Den geologiske modellen består utelukkende av de modellerte karbonatlagene. Skulle det være ønskelig med en full 3D-modell som inkluderer alle de geologiske lagene er en mer fokusert og kompleks modelleringsprosess påkrevd.

5.2 Tettere borehulls program

Resultatene av volummodellering og beregning viser at det er vanskelig å korrelere høykvalitets-karbonat-intervaller mellom de enkelte borehull. Her er boredekningsgraden ganske enkelt for lav. Det er stor usikkerhet i 3D-modellen med hensyn til størrelse og lateral utbredelse av de forholdsvis tynne høykvalitetskarbonat-soner. I en eventuell framtidig kjerneboring bør sone 4 treffes slik at også den kan modelleres i 3D.

For eksempel, videreføring av boring mellom volumer 2_1 og 2_3 mot nord øst kan føre til påvisning av et betydelig større volum. De samme gjelder for området sørvest fra volum 2_1 mot 2_7 og 2_5. Fokusert boring her kunne påvise et betydelig større volum. Det samme også gjelder sone 3 hvor det er mangle på borehull mellom sone 3_1 og sone 3_2.

5.3 Mer detaljert feltarbeid

Det er typisk i den kaledonske fjellkjeden at lag har blitt forskjøvet over hverandre under fjellkjededannelsen. Dette fenomenet er observert som "rampestrukturer" hvor forskyvingen har pågått og hvor lokal økning i fallet av lagene er observert. Dette betyr at en eller flere av hovedlagene (sone 1-4) faktisk består av et mer komplekst mønster av flere oppdelte lag. Dette kan ha mye å si for 3D-mønsteret (opptreden) av høykvalitetskarbonat. Disse forskyvningssonene framgår ikke av den tidligere kartleggingen (El Saleh, 1969; Kaspersen, 2015). Videre kartlegging bør konsentrere seg om graden av oppdeling av karbonatlagene og hvordan det påvirker kvalitetsbildet i 3D.

6. Referanser

El Saleh, K. (1969) Zur Geologie der Insel Rollöya, auf dem Westflügel der Ofoten-Synklinale in Nordnorwegen. *Geologische Diplomarbeit, Geologisches Institut der Technischen Universität Clausthal*, 73 s.

Kaspersen, P.O. (2015) Sluttrapport fra kalksteinsprosjektet på Rolla, Ibestad kommune. 34 s + vedlegg.

Korneliussen, A., Raaness, A., Schaller, A. & Gautneb, H. 2011: Forekomster av kalsiumkarbonat i Breivollområdet på Rolla, Ibestad. NGU rapport 2011.041, 35 s.

Korneliussen, A & Raaness, A. (2017) Kalkspatmarmor ved Breivoll-Skog, Ibestad kommune: En oppsummering. *NGU rapport 2016.049*, 28 s + vedlegg 113 s.



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no