

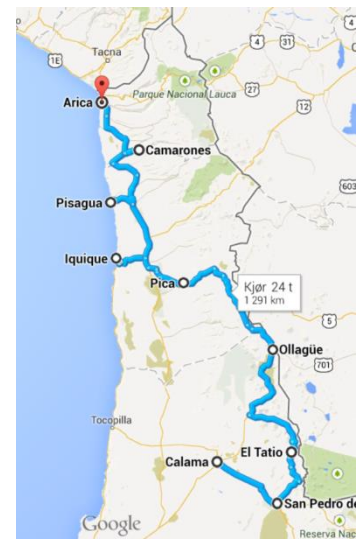
## Hovedekskursjon til Chile 2014 - Tekniske geofag, NTNU



### Introduksjon

Fra 30. mars til 11. april var 26 studenter fra 4. og 5. klasse Tekniske geofag og Master i geologi på hovedekskursjon i Chile. Studentene kommer fra forskjellige spesialiseringer innen ingeniørgeologi, bergmekanikk, mineralproduksjon, ressursgeologi, og miljø- og hydrogeologi. Med på turen var professor Bjørn Nilsen fra NTNU, Reginald Hermanns fra NGU, og Giovanni B. Costa fra Universitetet i Milano, Italia.

Turen ble planlagt til å starte i Santiago de Chile, med diverse bedriftsbesøk der. Etter dette skulle turen gå videre til Calama med fly, og derfra nordover langs kysten med leiebil. Men 2. april, andre dag på ekskursjonen, fikk vi oppleve hvordan det er å være i et land utsatt for jordskjelv. I riftsonen utenfor Iquique, nord i Chile, ble det målt et jordskjelv med styrke 8,2. Fem personer omkom, en tsunamibølge rammet kysten, flere byer ble evakuert og det oppstod skader på flyplasser og annen infrastruktur. Det ble en stund usikkert om vi kunne reise nordover i det hele tatt, spesielt fordi flyplassen i Calama stengte. NRK ringte Reginald mens han fremdeles var hjemme i Norge, og han ble intervjuet på radio om hvordan det sto til med oss. Etter kort tid åpnet heldigvis flyplassen i Calama igjen, og Reginald konstruerte et nytt, trygt opplegg for oss som kunne tilpasses dag for dag. Til tross for at den opprinnelige planen ble endret, fikk vi likevel mange store og flotte opplevelser. Vi fikk til og med føle på et av etterskjelvene, noe som var en spennende geologisk opplevelse.



*Kjørerute fra Calama til Arica*

*Toppbilde: Leiebiler med Andesfjellene i bakgrunnen (Foto: Agathe A. Hopland).*

## Santiago de Chile

Mandag 31. april ankom vi Santiago, hovedstaden i Chile. Byen ligger i den midtre delen av Chile, mellom Andesfjellene og kystfjellene ved Stillehavet, på ca 600 moh. Fra en høyde vi gikk opp til, San Cristóbal, en knaus av porfyr, kunne man virkelig se hvor stor byen er. Det bor rundt fem millioner mennesker her, tett i tett. Byens arkitektur bærer noe preg av kolonitidens byggestil, i tillegg til de typisk søramerikanske fargesprakende byggene. Det er likevel tydelig at byen utvikles og vokser; det er mange høyhus, og de fleste nye bygg har en vestlig arkitektur. Byen har en moderne infrastruktur, med blant annet planlagt gatenett og undergrunnsbane. Uheldigvis så det ut til at de sliter med forurensing og smog. Likevel likte de fleste av oss byen.



*Utsikt over Santiago de Chile sett fra San Cristóbal  
(Foto: Sigrun M. Aarrestad)*

### 1. april - Norconsult

Denne dagen dro vi til en veldig moderne bydel i Santiago for å besøke Norconsult sin avdeling i Chile. Her ble vi tatt godt imot av Mario Morales og flere andre ansatte. De introduserte oss for sin avdeling, hva de holdt på med og flere av sine prosjekter. Mange prosjekter var innenfor gruvedbygging og vannkraft. Dagen etter skulle vi til vannkraftverket i Alto Maipo, hvor Norconsult og Norplan har hatt ansvar for tunneldesignet til utvidelsen. Da kunne Norconsult vise fram en veldig demonstrativ modell de hadde bygd, og fortelle om prosjektet, som ble en god introduksjon til neste dag.

Vi fikk også utlevert en oppgave som vi skulle løse i grupper, hvor vi skulle se på stabiliteten i et bergrom i et dagbrudd. Her måtte vi finne hva slags informasjon som manglet for å bestemme stabiliteten og bruke informasjon vi hadde fra datapunkt i fire vegger til å prøve å finne "stand up-time" - altså hvor lenge en blokk vil holde seg på plass. Etter at vi hadde forsøkt å løse oppgaven skulle hver gruppe holde en presentasjon av løsningen for de andre. Det ble en del forskjellige gode forslag, og alle var enige i at det var svært lærerikt å jobbe med en så relevant case. Norconsult presenterte sin løsning for oss, siden dette var et eksempel fra et virkelig tilfelle.



*Oppgaveløsning hos Norconsult  
(Foto: Marit J. Førde)*

Etter presentasjonene i kontorlokalet tok Mario Morales oss med ut på en irsk geopub - passende for oss. Her fikk vi påspandert veldig god pizza og fingermat, i tillegg til nasjonaldrinken til Chile; "Pisco sour". Den består av chilensk pisco som er brennevin laget av druer, og sitron fra området Pica.

## 2. april - Alto Maipo

Denne dagen dro vi opp i Andesfjellene bak Santiago for å besøke vannkraftverket i Alto Maipo. Her var det noen frodige skoger med kanskje de eneste trærne vi så på hele turen, inkludert stilige kaktuser. Her ble det litt forvirring rundt møtested, og det måtte kommuniseres på spansk. Da var det godt å ha i hvert fall en godt spansktalende student i gruppa.

Alto Maipo skal bygge ut et komplekst vannkraftsystem som skal forsyne Santiago med strøm. Utbyggingen er et samarbeid mellom Multiconsult fra Norge, Skava i Chile og Amberg fra Sveits. Norge og Sveits bistår med sin ekspertise i henholdsvis konvensjonell tunneldriving og driving med TBM ("Tunnel Boring Machine"). Pål Kolstad, som har studert Tekniske geofag på NTNU, viste oss rundt på anlegget. Det vil bli bygget ut to vannkraftstasjoner, med den øvre på 1160 moh og den nedre på 483 moh. Disse vil til sammen ha en effekt på 532 MW. De to stasjonene vil bli lagt i fjell, og det vil bli drevet til sammen 67 km med tunnel. Under driving vil man møte utfordringer som tykt løsmassedecke på opp mot 2000 meter.



Gruppebilde Alto Maipo (Foto: Anja H. Pedersen)

Under besøket fikk vi se en av de eksisterende kraftstasjonene, og de tok oss med ned i krafthallen og driftrommene. Utvidelsesprosjektet hadde ikke kommet særlig langt, men vi fikk se det ene tunnelpåhugget. Her hadde de noen utfordringer med en svakhetszone like bak, og løst og tynt overdekke.

### 3. april - Universidad de Santiago de Chile

Det statlige universitetet i Santiago er en av Chiles mest tradisjonelle og prestisjefulle institusjoner for høyere utdanning. Det ble grunnlagt i 1849 som en skole for kunst og håndverk, og har senere utviklet seg til et stort universitet med syv fakulteter som dekker de fleste kunnskapsområder. Vi var så heldige å få besøke "Advanced Center for Mining" (AMTC) og "Department of Mines", som begge ligger under fakultetet for fysikk og matematisk vitenskap. AMTC er Chiles ledende forskningssenter innen gruvedrift, og her presenterte Dr. Rodrigo Cortés forskningen som gjøres på senteret. Deretter fikk vi en omvisning i flere av universitetets laboratorier, blant annet laboratoriene for robotikk og "block caving". Laboratoriene driver med henholdsvis FoU-prosjekter tilknyttet automatisering og sensorer som skal bidra til utviklingen av neste generasjons gruvesystemer, og utviklingen av flere typer programvare og skalamodeller for bruk i underjordisk gruvedrift. Besøket ble avsluttet med en diskusjon ledet av Dr. Julian Ortiz, direktøren for "Institute of Mines" og forsker ved AMTC. Vi lærte mye om forskningen som foregår ved AMTC, laboratoriene og studieprogrammene på "Department of Mines" ved Santiagos universitet. På AMTC sine nettsider er det lagt ut en artikkel fra besøket vårt som kan finnes på <http://www.amtc.cl/?p=2795>.

### Calama

Etter besøket på universitetet reiste vi videre til Calama med fly. Calama er en oase i Atacamaørkenen, og er en av verdens tørreste byer med en gjennomsnittlig årlig nedbør på bare 5 mm. Byen ligger på 2265 moh, og har et innbyggertall på ca. 143 000 personer. Selv om dette ikke er en utpreget turistby, er den en av Nord-Chiles stoltheter. Kobberindustrien ved den nærliggende gruva Chuquicamata er en sterk bidragsyter til landets økonomi, og kobberets betydning vises godt i byen. Kobberstatuer og husvegger med kobberetsninger er et vanlig syn, og selv byens katedral har et kobberbelagt spir. I 2004 fikk Calama også en bølge av «kobberflyktninger», da hele befolkningen i nabobyen Chuquicamata måtte flytte hit på grunn av sterk forurensing fra gruvedriften.

### 4. april - Chuquicamata



*Forsøk på oversiktsbilde av Chuquicamata (Foto: Andreas P. Lorentzen)*

Morgenen 4. april ble vi hentet med buss på hotellet i Calama og kjørt til Chuquicamata, verdens største kobbergruve samt verdens største dagbrudd. Kobberutvinningen begynte allerede før de spanske conquistadors (erobrernes) tid, men mellom 1879-1912 stod engelskmenn og spanjoler for driften. I dag eies og drives gruva av Chiles nasjonale statsforetak Codelco. Her produseres nesten halvparten av landets kobber, og rundt 12 000 personer jobber i gruva.

Vi fikk en grundig introduksjon til HMS, og en innledning om geologien som har skapt grunnlaget for kobberdriften. Videre ble alle tildelt personlig verneutstyr, og vi forstod raskt at de tar HMS på alvor. Utstyrt med vernesko, hjelm, hodelykt, refleksevest, belte med brannmaske, hansker, ørepropper, briller og støvmaske var 26 ivrige geologistudenter endelig klare for å se verdens største dagbrudd! Vi ble først kjørt med minibusser til det som skal bli en ventilasjonstunnel, der vi fikk se en borerigg i arbeid. Etter en bedre lunsj ble vi tatt med til selve dagbruddet, og det kan beskrives med ett ord; enormt! Det sies at bilder sier mer enn tusen ord, men området var så stort at det var vanskelig å få det med på ett bilde.

## 5. april - San Pedro de Atacama

Etter flere dager med tett pakket faglig program, fikk vi en rolig dag der vi kjørte med leiebilene til oasen San Pedro de Atacama. Her bor det ca. 2000 innbyggere, og landsbyen ligger på 2438 moh. Dette er et av Nord-Chiles mest populære turiststeder, og det med god grunn. Med pittoreske gater bygget i adobe stil er landsbyen svært sjarmerende, og det hersker en rolig og god stemning over hele området. Etter å ha funnet soveplasser til alle kjørte vi et lite stykke videre for å bade i de mye omtalte saltsjøene i området. En saltsjø dannes når vann med oppløste salter og mineraler strømmer inn i en innsjø uten avløp. Deretter fordamper en del av vannet slik at saliniteten øker. Den høye saliniteten gjør at man flyter godt, og dette gjorde badingen veldig annerledes og morsom. Vi storkoste oss helt til sola begynte å gå ned, da kjørte vi tilbake til San Pedro. Dette var siste kvelden til Bjørn, og Reginald og Giovannis første. Vi markerte derfor dette med en hyggelig fellesmiddag.

## 6. april - El Tatio



*El Tatio (Foto: Andreas P. Lorentzen)*

Kl 03:00 6. april pakket vi sammen og dro fra San Pedro oppover i høyden mot El Tatio, verdens tredje største geysirfelt. En geysir er en naturlig varm kilde som med jevne mellomrom har utbrudd hvor varmt vann og damp blir kastet høyt opp i luften. Utbruddene skyldes at grunnvannet i underjordiske kanaler blir varmet opp så mye at det begynner å koke før det så skjer en plutselig trykkavlastning i dypet. El Tatio er omringet av vulkaner, og har ca. 80 aktive geysirer. Siden geysirene er mest aktive rundt kl.06:00 fikk vi også med oss en fantastisk soloppgang.



*Gruppebilde ved El Tatio (Foto: Giovanni B. Costa)*

El Tatio ligger 4300 moh, så dette var dagen alle skulle få teste hvordan de reagerte i høyden. Noen kan bli høydesyke i 3000 meters høyde, mens andre ikke kjenner noe før rundt 5000 moh. De vanligste symptomene på mild høydesyke er lett hodepine, andpustenhet, nedsatt matlyst og svimmelhet. Så lenge disse ikke forverres er dette ufarlig, og symptomene forsvinner så snart man beveger seg nedover i høyden igjen. Vi var alle borti en eller flere av disse symptomene, men for to av studentene ble høydesyken litt mer alvorlig. En besvimte og måtte kjøres ned i lavere høyde, mens en annen fikk oppkast på vei ned fra geysirfeltet.

Det gikk bra med alle, og de fleste tålte høyden fint. Vi kjørte tilbake til Calama der alle fikk en god natts søvn på hotell før ferden gikk videre nordover. Siden jordskjelvene nå hadde gjort at planene måtte tas på sparket og overnattingsmulighetene var usikre, investerte vi i telt og handlet inn proviant til noen dager i felt. Den provisoriske planen var å starte på vei 21 mot den bolivianske grensen. Videre kunne vi kjøre innom landsbyen Ollagüe, følge småveier ut mot kysten dersom dette var mulig og kanskje innom Iquique for å se på skader fra jordskjelvene. Planen var og forhåpentligvis ende opp i Arica der bilene opprinnelig skulle leveres.

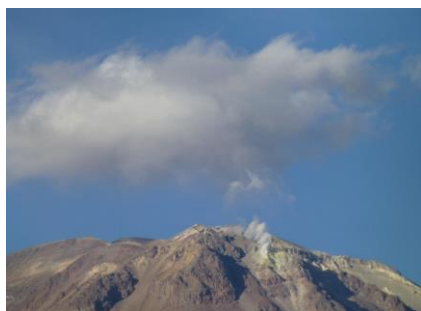
## 7. april - Ollagüe



Gruppebilde i ørkenen (Foto: Anja H. Pedersen)



Vegskjæring i lavastrøm (Foto: Agathe A. Hopland)



Aktiv vulkan (Foto: Sigrun M. Aarrestad)

7. april satte vi oss i leiebilene og dro nordover. Før vi kom til Ollagüe hadde vi en flott kjøretur med mange stopp for å se på vulkaner, skred, lavastrømmer, saltsjøer, flamingo og lamaer. Reginald og Giovanni foreleste for oss underveis, og da vi nærmet oss Ollagüe så vi en vulkan som ga fra seg røyk - stor stas for norske geologistudenter. Det kan også nevnes at denne dagen kjørte en av bilene seg fast i ørkensanden og to andre punkterte.

Mer bilaction skulle det bli da vi kom frem til Ollagüe. Da greide den ene bilen å låse inne nøklene sine, noe som ordnet seg så sent at vi bestemte oss for å overnatte i den lille landsbyen. På kartet så Ollagüe ganske stor ut, men da vi kom frem skjønte vi straks at dette ikke var tilfelle. Landsbyen er en grenselandsby som ligger 3700 moh og ca. 2 km fra den bolivianske grensen. Den ble grunnlagt i 1979, og i dag har landsbyen rundt 150 innbyggere som i hovedsak er menn. Området har historiske bosetninger fra urfolket "quechua", og er også et av områdene med de høyeste nivåene av solinnstråling på jorden. Selv om ingen skjønner engelsk her var innbyggerne veldig hyggelige, og vi fikk overnatte på et hostel med frokost (loff og leverpostei), og fikk til og med kjøpt nye reservedekk dagen etterpå.

## 8. april - Pica

Målet denne dagen var å komme seg til Pica, en ørkenoase ca. 2 timers kjøring fra Iquique. Byen ligger på 1100 moh og hadde rundt 6000 innbyggere i 2012. Oasen er kjent for sine varme kilder og ekstra sure sitroner.

Da vi dro fra Ollagüe var det først usikkert om de små fjellveiene ned til Pica var åpne for ferdsel, men vi bestemte oss for å prøve. Det viste seg fort at veiene ikke var verre enn slik en dårlig norsk skogsveg ser ut om våren, og på turen nedover fikk vi noe som ikke kan beskrives som annet enn en fantastisk vakker naturopplevelse. Vi kjørte fra vulkan og stein, til ørken og sand.



*På vei ned mot Pica (Foto: Agathe A. Hopland)*

Da vi kom fram til Pica dro noen for å bade i de varme kildene, før vi dro ut og spiste felles middag. Alle var enige i at de siste dagers opplevelser var unike, selv om vi hadde hatt noen actionfylte dager her og der. Overnattingen her var noe av det mindre bra vi hadde vært borti, med kakerlakker og lite rengjøring, men vi booket likevel to netter slik at vi kunne dra inn til Iquique for å se på jordskjelvskadene neste dag. Vi følte det var tryggere å overnatte et stykke unna Iquique dersom det skulle komme flere kraftige skjelv.

## 9. april - Iquique



*Kysten (Foto: Agathe A. Hopland)*

*Forelesning av Reginald (Foto: Andreas P. Lorentzen)*

9. april kjørte vi mot kysten og Iquique for å se på skadene fra jordskjelvet. Vi stoppet et par ganger før vi nådde kysten for å se på diverse geologiske rariteter, men nå var alle veldig gira



på å se havet igjen. Da vi kom til kysten utenfor Iquique gikk vi langs strandlinjen for å se om vi kunne finne noen forkastninger etter jordskjelvene. Det gjorde vi ikke, men vi fant mange rare steiner og dyr som frivillig lot seg ta på og bli tatt bilde av. Etter hvert tok folk seg en dukkert i det forfriskende Stillehavet.

Vi kjørte deretter en tur innom Iquique for å se på ødeleggelsene i byen. Tsunamien hadde her nådd en høyde på 2,11 m. Iquique ligger ved kysten i Nord-Chile og har et av de største havneanleggene i Sør-Amerika. Innbyggertallet er på ca. 221 400, og det er en spesiell by med høye skyskrapere plassert mellom fjell og sanddyner. Det vi fikk se av ødeleggelser var sprekker på parkeringsplasser, folk som bodde i telt, arbeid med ødelagte rørsystemer, og mye veiarbeid på grunn av skred og utglidninger. Veiarbeidet førte til en langtekkelig kjøretur tilbake til Pica. På kvelden hadde vi fellesmiddag med grilling og god stemning.



*Forkastning i Iquique  
(Foto: Andreas P. Lorentzen)*



*Gruppebilde i Pica (Foto: Anja H. Pedersen)*

## 10. april - Pisagua



*Pisagua (Foto: Agathe A. Hopland)*

Dagen etter kjørte fire av studentene tilbake til Calama for å ta flyet hjem til påskeferie i Norge. Resten dro videre til Pisagua der tsunamien hadde vært størst, ca. 3 m høy. Det hadde gått løsmasseskred langs veien ned til den lille landsbyen ved sjøen, så her var det også veiarbeid. Det var fint vær og vi fikk tatt oss enda en oppfriskende dukkert i Stillehavet.

Videre gikk turen til dalen vi opprinnelig skulle bruke noen dager på å kartlegge. Endelig fikk vi bruk for teltene vi hadde kjøpt inn i Calama, og den siste kvelden på ekskursjonen ble fylt med bålkos og sang.

## 11. april - Camarones valley

Camarones er en dal to timer sør for Arica med mye spennende geologi. Elva Camarones renner gjennom dalen og fører til en grønn og frodig dalbunn. Fjellsidene rundt er derimot fri for vegetasjon og derfor perfekt for geologer. Her kan man se avsetninger fra mange gamle fjellskred, og den opprinnelige planen var at vi skulle kartlegge disse skredavsetningene. Ettersom det ble mye endringer i løpet av reisen, så fikk vi ikke tid til dette. I stedet fikk vi en liten utfordring av Reginald og Giovanni, der vi skulle følge en veiskjæring og forklare hvorfor geologien så ut som den gjorde. Det var en god blanding av avrundede og kantete steiner, og sedimentære og magmatiske bergarter. I stekende sol og blant irriterende klegg prøvde vi å finne den geologiske historien til denne avsetningen. Geologene Reginald og Giovanni har jobbet en del i dette området, og kom med en forklaring om skred og etterfølgende oppdemming av elva. Det var synd vi gikk glipp av kartleggingsdelen, for her kunne vi ha lært mye.



*Rekkekjøring (Foto: Sigrun Melve Aarrestad)*



*Bunn i Camarones valley (Foto: Sigrun Melve Aarrestad)*

Det faglige opplegget ble avsluttet samme dag i Arica, helt nord i Chile. Vi leverte bilene og gav bort campingutstyret vi hadde kjøpt til en organisasjon som driver herberge for hjemløse i Chile, "Hogar de Christo". Nå var det på tide med påskeferie i Bolivia og Peru!

## Oppsummering

Til tross for jordskjelv og endringer i planene fikk vi en strålende tur med lærerike og spennende opplevelser som vi vil huske for alltid! Vi fikk se store deler av Nord-Chile, og opplegget ga innsikt i mange forskjellige geologiske retninger som eksempelvis vannkraftverk, arbeid på stoff, gruve, saltsjø, geysir, varme kilder, vulkan, ørken, skred, sikring og veiskjæringer.

Tusen takk til Bjørn Nilsen, Reginald Hermanns og Giovanni B. Costa for en svært lærerik og opplevelsesfylt hovedekskursjon. Og ikke minst, TUSEN TAKK til våre sponsorer! Uten dere hadde ikke turen vært mulig;

*Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Bergringen, Norges Geologiske Undersøkelse, Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk, Total, Vegvesenet, Chevron, RWE Dea, Franzefoss Miljøkalk AS, Verdalskalk, Atlas Copco, Bayerngas Norge, Rana Gruber, Sibelco Nordic, Hustadmarmor, Elkem Tana, AGR, Brønnøy Kalk, LNS, Multiconsult, Norconsult, Norsk mineral AS, Pretec, Sintef, Statkraft, Store Norske, Sweco, Rambøll, Norsk bergindustri, Fjell Renovering AS, Golder, Lundhs, Torena AS, Visnes kalk og Sitech Norway AS.*



*Flamingo (Foto: Stine Bang)*



*Lamamor og unge (Foto: Sigrun M. Aarrestad)*

Hilsen studenter ved Tekniske geofag og Master i geologi, NTNU, 2014:

*Agathe Alsaker Hopland, Agnethe Hoff Finnøy, Andreas P. Lorentzen, Anja H. Pedersen, Eirik Hannestad, Inga Marie Drotninghaug Moe, Inger Lise Sollie, Kaisa Kristina Herfindal, Kåre Viga Skretting, Lars Andreas Solås, Lars Emil Eide, Magni Vestad, Marcus Lawton, Margrete Øie Langåker, Mari Helen Riise, Marit Johanne Førde, Martin Dyhrberg Pettersen, Martin Flåten, Ole Hartvik Skogstad, Rikke Bryntesen, Rolf Egil Martinussen, Sigrun Melve Aarrestad, Stian Andre Løkken, Stine Bang, Susanne Halvorsen Myhre og Victoria Natasha Hauger.*

