

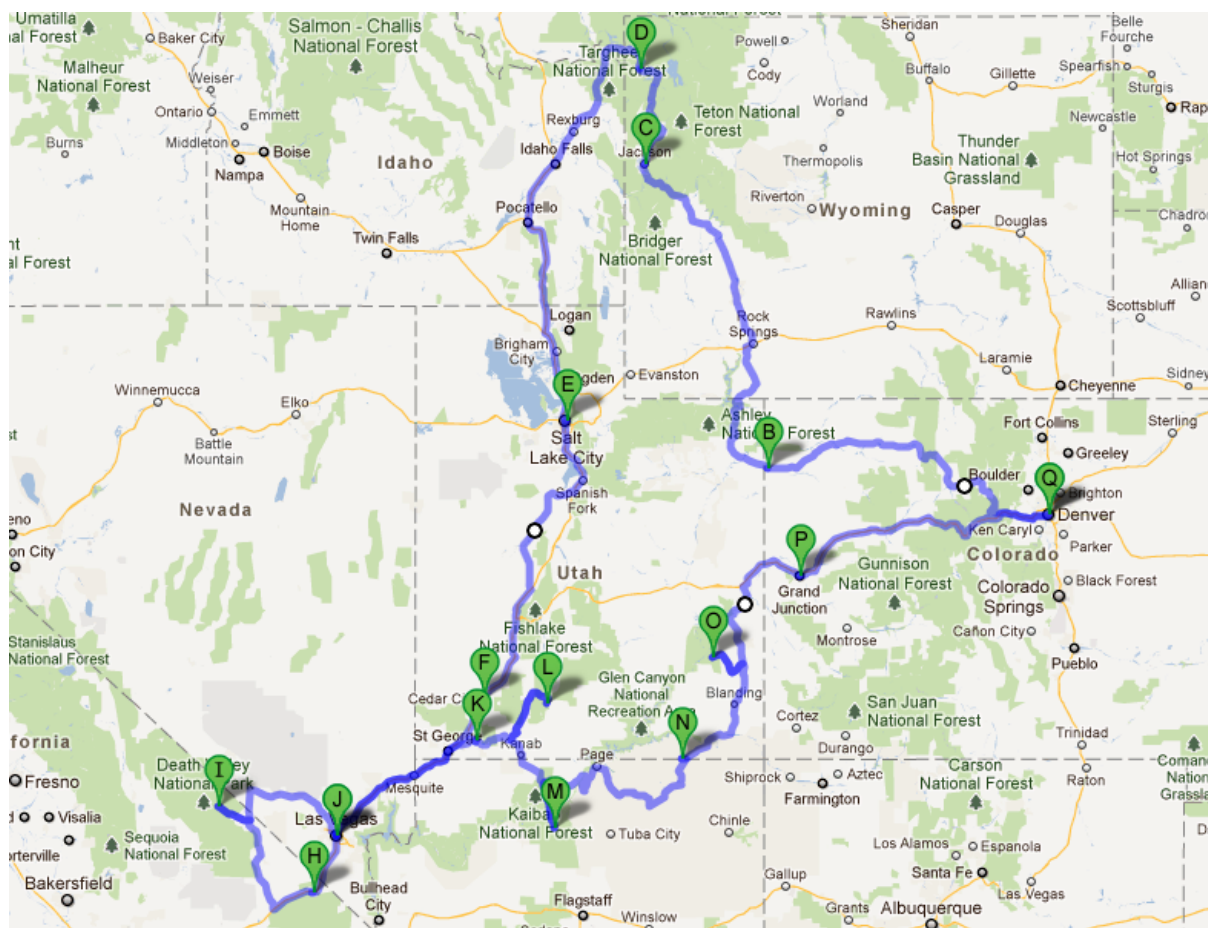
## USA:n ekskursiion matkasuunnitelma

### Yleistä

Matkan kesto on yhteensä 24 päivää, joista 22 päivää kuuluu itse opintomatkaan ja 2 päivää aikaerosta toipumiseen Denverissä (kuva 1). Denverissä tutustumme mm. USA:n geologisen tutkimuskeskuksen yhteen päätoimipaikoista.

Reitin kokonaispituus on noin 5200 km ja samalla vieraillemme seitsemässä eri osavaltiossa ja lukemattomissa geologisissa kohteissa. Matkan tarkoituksena on kattaa koko geologian aihepiiri endogeenisista eksogeenisiin prosesseihin mukaan lukien malminmuodostusprosessit. Suurin osa kohteista on maailman mittakaavassa ainutlaatuisia, kuten Yellowstonen kansallispuisto ja Grand Canyon. Lisäksi reitillä tutustutaan mittaviin sedimenttikiviesiintymiin, joista saatavaa oppia voi soveltaa myös Suomen metamorfiseen kallioperään.

Keväällä 2012 järjestämme matkaan liittyvän seminaarisarjan, jonka esitykset käsittelevät retken kohdealueiden geologiaa. Esitykset alkavat laattatektonisista raameista päätyn orogeeniamittakaavan kautta muodostuma- ja kohdetasoille. Seminaarisarjan tarkoituksena on se, että matkaan lähtijöillä olisi valmiina mahdollisimman kattava kuva kohteiden geologisista taustoista. Ekskursio voidaan näin kirjata osaksi pakollisia opintoja (kurssi Retkeily II). Seminaareista kootaan lähtijöille matkavihko. Opintomatkasta myös kirjoitetaan yhteinen loppuraportti, joka vaaditaan myös opintopisteiden saamiseen. Lisäksi matkan geologisista kohteista on mahdollista tehdä luonnontieteiden kandidaatin tutkielma.



Kuva 1. Opintomatka reitti pääpiirteissään. Kaikki kohteet eivät ole kartalla.

### 1. Päivä

Ekskursioryhmämme ylittää Kalliovuoret käyttäen kahta eri reittiä; valtatiet US-40 Denveristä lähdeittäessä ja I-70 sinne palatessa. Valtatie US-40 haarautuu Kalliovuorilla kuuluisaan Trail Ridge Road -maisemareittiin (US-34), joka on Amerikan Yhdysvaltojen korkeimmalla sijaitseva yhtenäinen valtatie ja kuuluu osana Rocky Mountain National Park -kansallispuistoon. Kalliovuoret saivat muotonsa voimakkaan laattatektonisen aktiivisuuden aikana, jolloin suurin osa läntisen Pohjois-Amerikan rosoisista maisemista muodostui. Noin 70-40 miljoonaa vuotta sitten jyllännyt Laramiden orogenia oli kolmas ja viimeinen vuorenoimutus, joka poimutti Kalliovuoret lähes nykyiseen muotoonsa. Tällöin proterotsooinen kuori työntyi paleotsooisen ja sitä nuorempien kerrostumien päälle. Proterotsooinen kuori koostuu erilaisista graniiteista ja metamorfisista kivistä, jotka ylöstyntyessään muodostivat ytimen suurelle osalle Kalliovuorten huipuista. Proterotsooisten kivien kiteisestä luonteesta ja eroosionkestävyydestä johtuen vuorenhuiput ovat teräviä.

### 2. Päivä

US-40 -reitin varrella, Coloradon ja Utahin osavaltioiden rajalla sijaitsee ensimmäinen vierailukohtemme Dinosaur National Monument -alue, joka on kuuluisa lukuisista dinosauruksien fossiileistaan. Nämä dinosaurukset elivät noin 150 miljoonaa vuotta sitten jurakaudella. Fossiileja on tunnustettu noin 1500 ja niiden joukossa on muun muassa lähes täydellisesti säilynyt abydosaurusen luuranko. Fossiilit löysi paleontologi Earl Dongass vuonna 1909. Kansallismonumentiksi alue julistettiin vuonna 1915 ja se laajeni vielä vuonna 1938. Nykyään vuorista, kanjoneista ja tasaisesta maasta koostuva alue kattaa yhteensä noin 800 neliökilometriä.

### 3. Päivä

Täältä matkamme jatkuu kohti Grand Tetonin kansallispuistoa, jonka geologinen kehitys alkoi n. 3 miljardia vuotta sitten, jolloin muinaisen meren pohjalle oli kerrostunut hiekka-, kalkki- ja savipitoisia sedimenttejä sekä vulkaanisperäisiä sedimenttejä. Nämä kivet metamorfoituivat täydellisesti n. 2800 - 2700 miljoonaa vuotta sitten, muodostaen gneissejä ja liuskeita. 2500 miljoonaa vuotta sitten alueelle intrudoitui magmaa, joka muodosti graniittiplitoneita. Alueella on myös 1400 - 1300 miljoonaa vuotta vanhoja diabaasijuonia. Seuraavien 700 miljoonan vuoden ajan alueen kallioperä rapautui ja tasoittui, jääden lopulta merenpinnan alapuolelle, jolloin merisedimenttejä alkoi taas kerrostua. Kerrostumat vaihtelevat koostumukseltaan ja niiden välillä on epäjatkuvuuspintoja. Myöhäisen kambriakauden jälkeen alue oli rapautumiselle alttiina n. 70 miljoonaa vuotta, kunnes ordoviikkikaudella alkoi taas kerrostua dolomiittisiä sedimenttejä, joista eräät sisältävät runsaasti fossiileja. Mesotsooisella maailmankaudella alue oli ajoittain merenpinnan yläpuolella, josta todisteena ovat dinosaurusten fossiilit ja muinaisten soiden muodostamat hiilikerrostumat. Tämä pitkään jatkunut kerrostumien sarja katkesi n. 80 miljoonaa vuotta sitten Laramidien orogenian nostettua alueen pysyvästi merenpinnan yläpuolelle, muodostaen Kalliovuoret. 60 miljoonaa vuotta sitten Tetonin alue nousi vuoristoksi pohjois-etelä -suuntaisten siirrostojen kohottamana. Eroosio alkoi toimia voimakkaasti jyrkkien pinnanmuotojen seurauksena.

### 4. Päivä

30 miljoonaa vuotta sitten alue alkoi venyä itä-länsisuunnassa ja 13 miljoonaa vuotta sitten Tetonin siirroksen toinen puolisko vajosi Jackson Holen laaksoksi ja toinen puoli kohosi Tetonin vuoristoksi. Samat kerrostumat ovat nyt yli 9 kilometrin korkeus-eräisyydellä toisistaan siirrostumisen vuoksi. Kvartaarikaudella jäätiköityminen on muokannut Tetonin alueen maisemaa.

Grand Tetonin alueella on siis nähtävissä geologisesti mielenkiintoinen tapahtumasarja, joka kattaa useita miljardeja vuosia.

### 5. – 7. Päivä

Pohjoiseen jatkaessamme vastaan tulee seuraavaksi Yellowstonen kansallispuisto mielenkiintoisine hydrotermisine ilmiöineen. Yellowstonen kansallispuistossa purkautuu vuosittain 200-250 geysiria, mikä on enemmän kuin missään muualla maailmassa. The Lower Geyser Basin on hyvin laaja alue, jossa termiset ilmiöt ovat nähtävissä ryppäinä. Alueelta löytyy niin mudpoteja, kuumia lähteitä, geysireitä kuin fumarolejakin. The Lower Geyser Basin on aktiivinen alue, jossa aina jokin geysir purkautuu. Alueen tunnetuin geysir on Great Fountain Geyser, jonka ympärille muodostuu sintterimuodostumia. Great Fountain Geysirin purkaukset yleensä kohoavat 20 – 70 metrin korkeuteen. Midway Geyser Basinin alueella sijaitsee Yellowstonen kaksi laajinta kuumaa lähdeä: Grand Prismatic Spring ja Excelsior Geyser. Grand Prismatic Spring on Yellowstonen suurin ja maailman kolmanneksi suurin kuuma lähde, joka on leveydeltään noin 100 metriä. Syanobakteerit värjäävät Grand Prismatic Springin kuumen lähteen sateenkaaren väreihin. Excelsior Geyser on entinen geysir, jonka viimeisin purkaus tapahtui yli sata vuotta sitten. Nykyisin paikalla on kuuma lähde, johon virtaa noin 15 000 litraa vettä minuutissa. The Upper Geyser Basinin alue käsittää maailman suurimman geysir-keskittymän. Sieltä löytyy useita kymmeniä purkautuvia geysireitä, muutamia kuumia lähteitä ja fumaroleja. Alueen tunnetuin geysir on Old Faithful, joka purkautuu 30–120 minuutin välein muutamien kymmenien metrien korkeuteen. West Thumb on yksi Yellowstonen kansallispuiston geysir-alueista. West Thumb ei ole kooltaan kansallispuiston suurimpia geysir-alueita, mutta sijainti aivan Yellowstone-järven rannalla tekee alueesta ainutlaatuisen. West Thumbin alue muodostui noin 162 000 vuotta sitten, samanaikaisesti Yellowstone-järven kanssa. Alla olevan magman purkautuessa maanpinnalle tyhjentynyt magmakammio sortui ja muodosti kalderan, joka täyttyi vedellä. West Thumbia voidaankin pitää kalderana suuren Yellowstonen kalderan sisällä. Alueella esiintyvät hydrotermiset ilmiöt eivät rajoitu ainoastaan syntyneen järven rannalle, vaan niitä esiintyy runsaasti myös järven pohjassa.

West Thumb on pienestä koostaan huolimatta ainutlaatuinen alue. Siellä on nähtävissä useita erilaisia hydrotermisia ilmiöitä, kuten kuumia lähteitä ja altaita, fumaroleja sekä geysirejä. 1970-luvun puolestavälistä lähtien alueen hydroterminen aktiivisuus on lisääntynyt entisestään. Norris Geyser Basin on kuumin Yellowstonen kansallispuiston geysin-altaista. Tämä johtuu siitä, että se sijaitsee kolmen ison siirroksen risteyksessä. Norris Geyser -allas jakaantuu kolmeen alueeseen; Porcelain Basin, Back Basin ja One Hundred Spring Plain. Muihin geysir-altaisiin verrattuna Norrisin vedet ovat erittäin happamia, esim. Echinus geysirin veden pH on vain noin 3,5. Alhaisesta pH:sta johtuen bakteerien, kasvien ja levän on hankala selvitä alueella. Alueen omaluontoinen punakeltainen värimaailma muodostuu raudan oksidien, rikin ja rautasulfaattien vaikutuksesta. Maailman korkein aktiivinen geysir, Steamboat geysir, sijaitsee Back Basinin alueella. Se voi syöstä veden jopa 90 metrin (300 feet) korkeuteen mutta sen kaltaisilla purkauksilla voi olla väliä useita vuosia. Keskimäärin vesi nousee vain pariinkymmeneen metriin. Norris Geyser Basinin geoterminen aktiivisuus vaihtelee ainakin kerran vuodessa. Tätä ilmiötä ei havaita muilla geysir-altaila. Ilmiö kestää muutamasta päivästä noin viikkoon jolloin muta-altaat saattavat muuttua hetkellisesti geysireiksi ja päinvastoin. Tapahtumaa ei toistaiseksi osata selittää.

### 8. Päivä

Yellowstonesta reitti jatkuu teitä US-20 ja I-15 pitkin etelään kohti Salt Lake Cityä ja kulkee läpi Snake River Plainin, joka on suuri itä-länsi-suuntainen laakso, jonka itäreunaa pidetään Yellowstonen hot spotin kulkureittinä, ja alueella onkin nähtävissä kalderoita, laakiobasaltteja, vulkaanisia doomeja, sekä kvartäärisiä sedimenttejä. US-20 kulkee mm Island Parkin kalderan läpi. Alueella on mahdollista nähdä pleistoseenisiä basalttisia laavoja ja felsisiä vulkaniitteja. Tien länsipuolella Ashtonin ja St. Anthonyn välillä on Heisen laakiobasalttialue. Jatkettaessa etelään Rexburgiin, itäpuolelle jää aktiivinen työntösiirros, joka työntää vanhempia devonisia kiviä nuorempien mesotsooisten kivien päälle. Idaho Fallsissa tie liittyy I-15:n ja jatkettaessa etelään vastaan tulee basalttinen laavakenttä Hell's Half Acre ja Pocatellon ohitettua tie kulkee Basin and Range -alueen läpi.

Salt Lake Citystä länteen sijaitsee hieman yli 10000km<sup>2</sup> kokoinen suola-aavikko, jonka kuori koostuu alkaalisista suoloista sekä hienoista sedimenteistä. Tämä Great Salt Lake Desert oli vielä noin 15000-30000 vuotta sitten järvi, Lake Bonneville, mutta eroosion seurauksena vesi alkoi virrata pohjoiseen kohti Snake Riveriä. Veden vähetessä tämän ja haihtumisen seurauksena muodostivat haliitti- ja kipsisedimenttejä ja myöhemmin sedimenttikivilajeja. Tämän toistuttua useita kertoja jäljelle jäi vain paksu kerros sedimenttikiveä ja suola-aavikko oli syntynyt.

### 9. Päivä

Bingham Canyon Mine on maailman suurin ihmisen tekemä avolouhos. Se sijaitsee Salt Lake Citystä lounaaseen ja sen voi nähdä jopa avaruudesta. Kaivoksen omistaa brittiläinen yritys Rio Tinto Group ja se tuottaa n. 18% Yhdysvaltojen kuparista. Louhos työllistää 1800 henkeä ja lisäksi satoja urakoitsijoita. Alueelta louhitaan vuodessa 300 000 tonnia kuparia, n. 11 tonnia kultaa, n. 113 tonnia hopeaa ja 900 tonnia molybdeenia. 300 miljoonaa vuotta sitten alueella sijaitti matala meri, johon kerrostui ja sedimentoitui kalkki- ja hiekkakiviä sekä kvartsiittia. 135-60 miljoonaa vuotta sitten alue joutui poimutuksen ja siirrostumisen kohteeksi ja sedimenttikivet muodostivat Oquirrh Mountains -vuoriston. N. 40-30 miljoonaa vuotta sitten valtavat intruusiot toivat muutoksia alueen mineraalikoostumukseen. Kovan paineen seurauksena alueelle kiteytyi huomattavia määriä metalleja.

### 10. päivä

Matkamme jatkuu kohti Eurekaa, joka on vanha kaivoskaupunki Provo-Oremista lounaaseen. Pian kaupunkistatuksen saatuaan Eurekaasta tuli taloudellinen keskus Tintic Mining Districtille, joka on varakas kullan ja hopean louhija Utahin Juab-maakunnan alueella. Vuonna 1979 kaupungista tuli osa National Register of Historic Places –sertifikaatiota, joka on tärkeä osa Tintic Mining District Multiple Resource aluetta, jossa pyritään suojelemaan vanhoja alkuperäisiä rakennuksia ja kaivospaikkoja. Lähistöllä sijaitsee myös Deltan kaupunki, jonka länsiosissa trilobiittifossiilit ovat yleisiä, ja useat paikalliset yritykset ylläpitävätkin kaivausalueita, joilla vierailijat voivat kaivaa omia fossiileja pientä maksua vastaan.

### 11. Päivä

Death Valley on aavikkolaakso, joka sijaitsee Mojaven autiomaassa Kalifornian Sierra Nevadassa. Se on Pohjois-Amerikan matalin, kuumin ja kuivin paikka. Aavikkolaakso on syntynyt oikeakätisen strike-slip -siirroksen seurauksena, tosin suuremmassa mittakaavassa alueella on vallinnut ekstensionaalinen tektoniikka, josta seurauksena tyypillinen basin ja range -geomorfologia. Death Valleyn laakson pohjoisosaa luonnehtivat hiekkadyynit. Aivan laakson pohjalla sijaitsee

evaporiittikerrostumat (Badwater Basin), jotka ovat jäänteitä Pleistoseeni-kautisesta sisämerestä. Koostumukseltaan suolakerrostumat Na- ja B-rikkaita (Borax). Alueen itä-reunalla sijaitsevat myös nuorin (9,8 Ma) tunnettu rapakivigraniitti (Shoshoniitti-plutoni) ja siihen liittyvät vulkaaniset kivet. Alueella sijaitsee myös lukuisia muita kohteita, kuten Dante's View (näkymä koko Death Valley-laaksoon), Mosaic Canyon (veden erodoima kallioalue), Red Cathedral..

### 12. Päivä

Seuraava pysähdysksemme on Mountain Passin harvinaisten maametallien (REE-metallien) kaivos Nevadassa, avolouhos Clarkin vuorijonon eteläkyljellä. Uraaninetsijä löysi alueen vuonna 1949 sen huomattavan radioaktiivisuuden seurauksena. Vuonna 1952 kaivosyhtiö aloitti tuotannon pienessä mittakaavassa. Väritelevisioruutujen ilmestymisen aiheuttama europiumin kysynnän kasvu johti kaivoksen laajentamiseen 1960-luvulla. Aikanaan kyseinen kaivos oli maailman suurin REE-tuottaja. Kaivosta laajennetaan sekä nykyaikaistetaan ja projektin odotetaan valmistuvan vuoteen 2013 mennessä. Projektilla on Yhdysvaltain hallituksen tuki, koska REE-metallit ovat nykyisin elintärkeitä. Koska kaivosta modernisoidaan huipputärkeään tarkoitukseensa, 2012 tulee todennäköisesti olemaan viimeinen mahdollinen vuosi, jonka aikana käynti tällä kaivosalueella on ulkopuolisille mahdollista. Mountain Passin kaivosalueen esiintymä muodostuu 1,4 Ga vanhasta prekambrisesta karbonaattiista, joka on intrudoitunut gneissiin. Prekambrinen karbonaatti sisältää 8-12% REE-oksidaa; yleisin niistä majoittava mineraali on bastnäsiitti. Muita vastaavia mineraaleja ovat kalsiitti, baryytti ja dolomiitti. Mountain Passin kaivosaluetta pidetään maailmanluokan REE-esiintymänä. Sieltä voidaan jalostaa mm. ceriumia, lanthanumia, neodymiumia sekä europiumia. Valtiollisten tahojen mukaan 600 000 gallonia radioaktiivista ja vaarallista jätettä vuosi aavikolle vuosien 1984 ja 1998 välisenä aikana ja tämän seurauksena kemiallinen prosessointi piti keskeyttää kaivoksella vuonna 1998. Kaivos läpäisi alueellisen tarkastuksen vuonna 2007 ja läpäisyn jälkeen kaivoksen omistaja aloitti laajennustyöt toimittaakseen markkinoille enemmän REE-metalleja. Kaivoksella tiedetään olevan 20 miljoonaa tonnia malmia.

### 13. Päivä

Vapaapäivä Las Vegasissa

### 14. ja 15. Päivä

Seuraava geologinen kohteemme on Zionin kansallispuisto eteläisessä Utahissa lähellä Arizonan rajaa, Coloradon laatan länsireunalla. Sen kerrokset ovat nousseet, kallistuneet ja erodoituneet muodostaen muodostuman nimeltä Grand Staircase, joka on sarja värikkäitä kallioita Bryce Canyonin ja Grand Canyonin välissä. Alin kerros Bryce Canyonissa on ylin kerros Zionissa ja Zionin alin kerros on ylin kerros Grand Canyonissa. Zion oli suhteellisen tasainen alue lähellä merenpinnan tasoa 240 miljoonaa vuotta sitten. Hiekkaa, soraa ja mutaa erodoitui ympärillä olleista vuorista, joet kuljettivat nämä matalaan, tasaiseen altaaseen ja kerrostivat ne. Jatkuvasti kertyvien kerrosten paino sai aikaan sen, että allas vajosi, jolloin ylin kerros oli aina merenpinnan tasossa. Maanpinta kohosi ja laski ilmaston muuttuessa ja samalla kerrostumisalue muuttui matalasta merestä, rannikkotasankoihin ja hiekka-aavikoihin. Rautaoksidi, kalsiumkarbonaatti ja silikaatit yhdessä veden kanssa toimivat sementtoivina aineina ja yllä olevien kerrosten paineen alla pitkän ajan kuluessa muuttuivat kiveksi. Muinaiset merialtaat muuttuivat kalkkikiveksi, muta ja savi muta- ja savikiviksi ja aavikon hiekka hiekkakiveksi. Jokaisen kerroksen alkuperä on tietty, ja siten niiden paksuudet, mineraalikoostumukset, värit ja eroosiopintojen ulkonäöt vaihtelevat. Bryce Canyonin kansallispuiston värikkäissä kivissä on näkyvissä sedimentoitumisen ja eroosion pitkä geologinen historia. Kivilajit ovat pääasiassa kalkkikiveä, hiekkakiveä ja savikiveä, jotka

erosio ja pakkasrapautuminen ovat muotoilleet erilaisiksi torneiksi, huipuiksi, ikkunoiksi ja sokkeloiksi. Bryce Canyon on maailman suurin keskittymä monimuotoisia eroosion muokkaamia kalliopylväitä ja järkäleitä. Täältä matka jatkuu kohti kenties maailman tunnetuinta geologista nähtävyyttä...

#### 16. ja 17. Päivä

Grand Canyon on Luoteis-Arizonassa sijaitseva Coloradojoen kuluttama kanjoni, jonka synty viimeisimmän tutkimuksen (Science, 2008) mukaan alkoi noin 17 miljoonaa vuotta sitten. Kanjoni on noin 446 kilometriä pitkä, ja 6-29 metriä leveä. Grand Canyonin kivistä valtaosa on vedessä kerrostuneita sedimenttikiviä, jotka kerrostuivat merenpinnan alapuolella ja kohosivat Laramiden orogeniassa meren pinnan yläpuolelle n. 75 milj. vuotta sitten muodostaen muinaisen vuorijonon. Kanjoni syntyi pääosin Coloradojoen virtaavan veden ja jään aiheuttaman eroosion ansiosta, tosin myös tuulieroosiolla oli osansa kanjonin kehityksessä. Eroosio on vuosien kuluessa kuluttanut nuorimmat kivilajit pinnalta, ja kanjonissa on havaittavissa ainakin 14 epäjatkuvuustasoa. Eroosion tuloksena Grand Canyonissa on nähtävillä ainutlaatuinen poikkileikkaus, jossa muinaisten merien pintojen laskut ja nousut sekä rantahiekkoja puhaltavien tuulten vaikutukset ovat tarkasteltavissa kanjonin seinämien hiekka- ja kalkkikivikerrosten vaihteluista miltei kahden miljardin vuoden ajalta. Grand Canyonissa ja sen alueella Grand Canyon -puistossa esiintyy yli 40 merkittävää sedimenttikivikerrostumaa. Kivien ikä vaihtelee 200 miljoonaa vuotta vanhoista (Kaibobin kalkkikivi 230 milj.) 2 miljardia (Vishnun liuskekivi) vanhoihin kerrostumiin. Kerrostumissa esiintyy sekä mantereelta, että mereltä peräisin olevia sedimenttejä. Sedimenteistä löytyy myös fossiloituneita aavikkodyynejä muinaisesta aavikosta. Valtaosa kivistä kerrostui matalissa lämpimissä vesissä, soissa ja muinaisissa rantavesissä. Merkittäviä poikkeuksia ovat permiajalla kerrostunut Coconino hiekkakivi, mikä sisältää eolisia kulutusmerkkejä. Myöskään osa Supai ryhmän kerrostumista ei kerrostunut mereisissä oloissa. 3 miljoonaa – 100,000 vuotta sitten kanjoniin kerrostui vulkaanisen toiminnan seurauksena tuhkaa ja laavaa. Vulkaaniset kivet edustavat kanjonin nuorimpia kiviä.

#### 18. – 20. Päivä

Grand Canyonista matkamme jatkuu takaisin Utahiin Canyonlandsin kansallispuistoon. Se on perustettu vuonna 1964 ja sitä hallinnoi National Park Service, U. S. Department of the Interior. Nimensä mukaisesti Canyonlands koostuu lukuisista kanjoneista, jotka Colorado- ja Green-joki sekä niiden sivuhaarat ovat kovertaneet alueen sedimenttikallioon. Veden aiheuttaman eroosion merkit ovat nähtävissä kaikkialla. Joet jakavat kansallispuiston Island in the Sky, Needlesin ja Mazen alueisiin. Island in the Sky muodostuu hiekkakivikallioseinämistä, jotka sijaitsevat yli tuhat jalkaa ympäröivän maaston yläpuolella. Maisema on geologisesti ainutlaatuinen, täynnä korkeita kallionkielekkeitä ja syviä rotkoja. Needlesin alue on nimetty aluetta hallitsevien Cedar Mesan hiekkakivitornien mukaan. Hiekkakivitornit ovat kasvaneet yhteen ja muodostavat upean korkean kallioseinämäpiirin. Mazen alue sijaitsee syrjässä muusta kansallispuistosta ja sen maasto on vaikeakulkuista. Ihmiset ovat asuttaneet Canyonlandsin kansallispuiston aluetta yli 10 000 vuotta hyödyntäen sen monipuolisia luonnonvaroja. Alueella on tänä aikana elänyt monia eri ihmisryhmiä ja osa heistä on jättänyt jälkeensä kalliomaalauksia, mm. kädenjälkiä.

Täältä jatkamme kaakon kautta kohti koillista ja Archesin kansallispuistoa, jossa on maailman suurin konsentraatio luonnollisesti muotoutuneita hiekkakivikaaria, joita puiston 310km<sup>2</sup> alueella on yli 2 000. Pienin kaareksi laskettava muodostuma on metrin pituinen, kun taas suurin puiston kaarista on lähes 100m pituinen Landscape Arch. Muita puistosta löytyviä muodostumia ovat

hiekkakiviset pylväät (spire) ja pystysuorat levyt (fin), tasapainoilevat kivet ja monoliitit. Puistossa tapahtuva rapautuminen on suhteellisen hidasta, mutta maisemat ovat dynaamisia. Eoliset eroosioprosessit ovat käynnissä Arches NP:ssä tälläkin hetkellä, ja uusia kaaria syntyy samalla, kun vanhoja tuhoutuu. Kaarien syntyminen on seurausta maanalaisen suolakerroksen liikkeistä, voimakkaista lämpötilavaihteluista sekä veden ja jään aiheuttamasta eroosiosta. Colorado Plateauun päälle kasaantui 300 miljoonaa vuotta sitten satoja metrejä paksu suolakerros (Paradox Formation), kun alueen päällä sijainnut meri haihtui. Myöhemmin suola peittyi tuulen ja tulvien vaikutuksesta sedimenteillä, jotka puristuivat vähitellen kiveksi oman painonsa alla. Suuressa paineessa suolakerros on epävaka, joten se liikkui ja nesteytyi työntäen yläpuolellaan olevia kivikerroksia doomeiksi ja tiputtaen toisaalla kokonaisia kerrossarjoja onkaloihin. Sedimenttikivi ei pysty taipumaan yhtä helposti kuin suola, joten kiveen syntyi paralleleja vertikaalisia siirroksia. Nuoremmat sedimentit erodoituivat ajan myötä Navajo- ja Entrada-kerrostumien päältä. Vesi tunkeutui pinnan rakoihin ja siirroksiin huuhtoen irtaimen aineksen pois ja erodoiden hiekkarakeiden välistä iskosta. Kylminä aikoina jäätyneen veden aiheuttama pakkasrapautuminen osaltaan irrotti levyistä kappaleita, ja tuulet puhalsivat irtaimen aineksen pois. Veden ja tuulen kulutustyön jatkuessa raot ulottuivat koko levyn läpi ja kaari oli syntynyt. Osa syntyneistä muodostumista romahti, mutta ne, joiden kivi oli tarpeeksi kovaa ja jotka olivat sopivasti tasapainossa, ovat nähtävillä puistossa edelleen.

### 21. Päivä

Tämän jälkeen vuorossa on vielä viimeinen kohteemme, Colorado National Monument. Colorado National Monument on Coloradon osavaltion länsiosissa lähellä Grand Junctionin kaupunkia sijaitseva suuri luonnonpuisto, jonka pinta-ala on 83 km<sup>2</sup>. Puisto on perustettu 1911 ja sen merkittävimpiin geologisiin nähtävyyksiin kuuluvat lukuisat kanjonit, kuten Monument Canyon ja Wedding Canyon, sekä kivimuodostelmat kuten Independence Monument ja Coke Ovens. Geologisesti alue on tärkeä siellä hyvin kauan jatkuneiden, selvästi havaittavissa olevien eroosioprosessien ansiosta, joka on osaltaan seurausta Länsi-Coloradon kuivasta puoli-aavikkoilmastosta. Alueen prekambrista kallioperää peittävät trias-, jura- ja liitukautiset hiekkakivikerrostumat ovat osa Coloradon laakioprovinssia. Sedimenttikivikerrostumat ovat kuluneet kymmenien vuosimiljoonien kuluessa kanjoneiksi, joissa ovat nähtävissä tuulen, veden ja jään aikaansaamat eroosioprosessit.

### 22. päivä

Colorado National Monumentin maisemien jälkeen on jäljellä enää paluu Denveriin pitkin I-70:ä, joka laskeutuu Grand Valley -laaksoon, jossa tie kohtaa Coloradojoen. I-70 viettää joenvartta pitkin kohti Kalliovuorten läntisiä rinteitä ja matkan varrella sijaitsee Grand Junctionin kaupunki ennen saapumista vuoristoisimmille seuduille. Kalliovuoria ylitettäessä matkan varrelle osuu muun muassa Eisenhower -tunneli, joka oli valmistuessaan maailman korkeimmalla sijaitseva liikennetunneli, 3401 metrin korkeudessa. Kaiken kaikkiaan I-70 tarjoaa huikeat näkymät yli lukuisten laaksojen ja vuorenhuippujen.