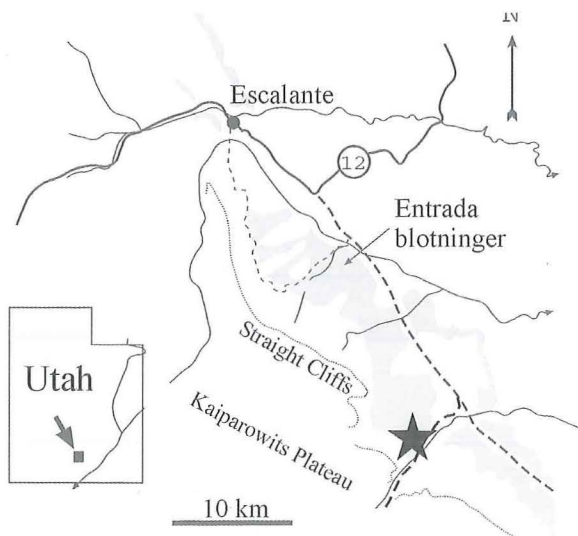


# DINOSAURFODSPOR FRA ENTRADA SANDSTENEN, UTAH

Jesper Milàn og David B. Loope

I perioden fra starten til midt i Juratiden, for cirka 210 til 170 millioner år siden, var store dele af, hvad der i dag er de amerikanske stater Utah, Arizona, Colorado og New Mexico, dækket af et gigantisk ørkenområde med vandrende sandklitter. Dette klithav eksisterede gennem millioner af år på vestkysten af det datidige superkontinent Pangæa, og de fossile klitaflejringer derfra vidner om kraftige vindregimer og årstidsbestemte variationer i vindretningen. Aflejringer findes i dag som massive sandstensaflejringer, der hovedsagligt er blottet i Utah og Arizona og er kendt som Navajo Sandstenen, Page Sandstenen og Entrada Sandstenen.

Et særdeles interessant sted at studere Entrada Sandstenen er ved Twentymile Wash lokaliteten, omtrent 40 kilometer syd for den lille by Escalante (figur 1). Lokaliteten findes ved at køre ad hovedvej 12 mod syd ud af Escalante. Hvor hovedvejen slår et skarpt sving, fortsætter man ligeud af en jordvej, Hole in the Rock Road, der fører sydpå parallelt med Straight Cliffs, der er kanten af det massive klippeplateau, Kaiparowits Plateauet. Efter omtrent 30 kilometers rystetur på jordvejen, drejer man ind mod plateauet ad Missing Canyon Road, der fører gennem en dal ind over plateauet. Et par kilometer inde kommer vejen tæt forbi en prominent blotning af Entrada Sandstenen. Det skal her bemærkes, at det absolut ikke kan anbefales at køre



Figur 1.  
Lokalitetskort over  
Twentymile Wash lokaliteten.  
Jordvejene er markeret med  
stiplede linier og lokaliteten  
er markeret med en stjerne.

ind til lokaliteten, hvis vejen er våd eller der er truende regnbyger i horisonten, da de sidste par kilometer af vejen er dækket af rødt lerstøv, der bliver som brun sæbe, når det bliver vådt. Desuden er det også en fordel at køre i en bil med høj frigang, da vejen flere steder består af to dybe hjulspor.

Sandstenen fremstår lys grålig og består af enheder med storskala krydslejringer i størrelsesordenen omkring 10 meter. Krydslejringerne er fronten af de fossile klitter, og hvert af de tydelige skrånede lag repræsenterer, hver gang klitten er vokset ved at et nyt lag sand er blæst ind og er blevet aflejret på klitfronten. Krydslejringerne har varierende orienteringer, hvilket vidner om, at de dominerende vindretninger har skiftet med årstiderne (figur 2). Mellem de tykke enheder af storskala krydslejrede klitaflejringer findes enheder, der består af 0,5-1 meter tykke lag af fint horisontalt laminerede interklit aflejringer fra perioder, hvor klimaet har været fugtigere, og hvor der ikke har været aktiv klitdannelse.



*Figur 2.*

*Ved foden af blotningen af Entrada Sandstone kommer man direkte ind i en af de storskala krydslejrede enheder. Krydslejringerne er dannet af vandrende klitfronte under forskellige vindregimer.*



*Figur 3.*

*Nær toppen af blotningen kommer man op på et stort plateau af horisontalt laminerede interklitaflejringer, der stammer fra en fugtigere klimatisk periode, hvor klitterne ikke har vandret. På dette plateau er der fundet de forstenede fodspor fra mindst 30 store og små rovdinosaurere og enkelte store planteædende dinosaurere.*

Interklitaflejringerne er mere resistente mod erosion end de krydslejlrede enheder, og en af interklithorisonterne nær toppen af blotningen danner et stort plateau (figur 3). På dette plateau er der bevaret spor og sporserier fra mindst 30 rovdinosaurer, og størrelsen af deres fodspor varierer fra 4 til over 50 centimeters længde (figur 4 og 5), hvilket viser, at dinosaurerne, der har levet i området, har varieret i størrelse fra små dyr, ikke meget større end en moderne krage lige til kæmper på 8 til 10 meters længde som *Allosaurus* eller *Ceratosaurus*.



Figur 4.

Lille tretået fodspor på fire centimeters længde.

Dinosauren, der satte sporet, var en lille rovdinosaur, der ikke har været meget større end en moderne krage eller havmåge. Skalaen i siden af billedet er i centimeter.

De bedst bevarede rovdinosaurspor viser tydeligt formen af foden på de dinosaurer, der lavede sporene. Fødderne mindede meget om fødderne hos moderne store flugtløse fugle som emu, kasuar og rhea. De var funktionelt tretåede, og tærne var delt op i et antal trædepuder, der hver dækkede leddene mellem de enkelte tåknogler. Opdelingen i individuelle trædepuder og aftryk fra tærnes skarpe kløer kan ses i de bedst bevarede spor. Rovdinosaurerne var tågængere ligesom moderne fugle, dvs. at de kun gik på selve tærne, og holdt den forlængede mellemfod fri af jorden, når de gik. Dog kendes der enkelte, sjældne tilfælde, hvor man finder rovdinosaurspor, der har bevaret helt eller delvise aftryk, hvor mellemfoden har været i kontakt med jorden, mens de har gået. En sådan sporserie findes bevaret blandt alle de normale sporserier på plateauet. Det har været foreslået, at rovdinosaurspor, hvor mellemfoden er i kontakt med jorden, er et resultat af en lav 'krybende' gang eventuelt i forbindelse med jagt (figur 6).

I tilfælde, hvor man kan følge sporene fra den samme dinosaur over lange distancer, er det muligt at beregne dinosaurens ganghastighed ud fra skridtlængden mellem to spor fra den samme fod (figur 7). Denne værdi indsættes i en formel (figur 8), hvor også hoftehøjden indgår. Desværre kendes hoftehøjden på dinosaurer stort set aldrig,



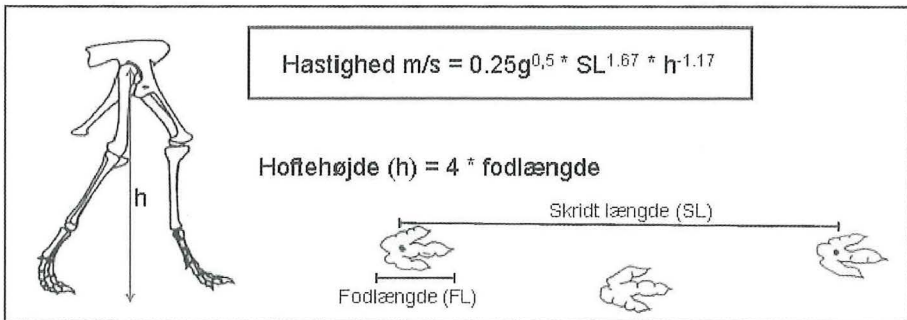
*Figur 5.  
Et enkelt fodspor fra en stor  
rovdinosaur med en fodlængde  
på omkring 50 centimeter.  
Bemærk aftrykene fra de  
kraftige kløer for enden af  
hver tåaftryk.*



*Figur 6.  
Lagflade med spor fra store  
rovdinosaurer. De tre spor i  
venstre side er en del af en  
sporserie, der går ind i bille-  
det. Den tilsyneladende spidse  
'hæl' på disse spor viser, at  
dele af dinosaurens mellemfod  
har været i kontakt med sedi-  
mentet.*



Figur 7.  
Her er studerende fra Geologisk Institut, København, i fuld gang med at opmåle en sporserie fra en stor rovdinosaur, så det kan fastslås, hvor hurtigt den har gået.



Figur 8.  
Formel til beregning af en dinosaurs ganghastighed ud fra dens fodspor. SL = skridtlængde, FL, fodlængde. Hoftehojden (h) beregnes for rovdinosaurer som 4 x fodlængden.

når man kun har en fossil sporserie at arbejde med, men målinger på skeletter har vist at en hoftehojden stort set altid passer med fire gange fodlængden, som man kan måle fra fodsporet. Derved bliver det muligt at beregne, hvor hurtigt dinosaurerne gik dengang de satte deres spor. De typiske ganghastigheder, man måler, er mellem 4 og 6 kilometer i timen, som svarer til et roligt gangtempo. Dog kendes der enkelte tilfælde, hvor man har beregnet ganghastigheder på om mod 40 kilometer i timen, fra løbende dinosaurer.

Sammen med sporene fra rovdinosaurerne findes også to sporserier fra en mindre sauropod, dinosaur. Sauropoderne var firbenede planteædende dinosaurere, og sporserierne fra dem består af skiftevis store og små aftryk fra deres for- og bagfødder. En særlig interessant ting ved sporserien er, at der mellem aftrykkende af fødderne fra højre og venstre side af dyret er bevaret et tydeligt slyngt spor fra dyrets hale,



*Figur 9.  
Sporserien efter en sauro-  
pod dinosaur. Bemærk det  
tydelige slangeformede spor  
efter dyrets hale der har slæbt  
mellem sporene fra højre og  
venstre side af dyret. Denne  
sporserie er måske det tidligste  
vidnesbyrd om sauropoder  
i Nordamerika. De ældste  
kendte skeletter optræder først  
millioner af år senere.*

der har slæbt hen ad sandet (figur 9). Dette er meget usædvanligt, og aftryk fra haler i dinosaursporserier kendes kun i ganske få tilfælde fra hele verden, og ligner mere punktvis aftryk fra en hale, der har svinget ned og ramt jorden, og ikke et sammenhængende spor som det her er tilfældet. Alle moderne biomekaniske rekonstruktioner af sauropoder viser at dyrenes haler har været holdt løftet fri af jorden på højde med ryggen og fungeret som modvægt til deres lange halse. En anden virkelig interessant ting ved sporserien er at, hvis den virkelig stammer fra en sauropod, i så fald er det tidsmæssigt tidligste bevis for sauropoder i Nord Amerika. De tidligste skelet rester af sauropoder, man kender, stammer fra Morrison Formationen fra slutningen af Juratiden.

At dinosaurerne at dømme efter mængden af fodspor var så talrige i området i Jura tiden er besynderligt, især når klart hovedparten af sporene er fra store rovdyr på flere meters længde. Ved første øjekast ser aflejringerne af Entrada Sandstenen ud til at være rene ørkenaflejringer uden spor af liv, på nær alle dinosaursporene. Ved et nærmere studie kan man se, at der rent faktisk har levet en masse forskellige dyr og også planter i området. Langs nogle horisonter og fra bunden af klitaflejringerne findes

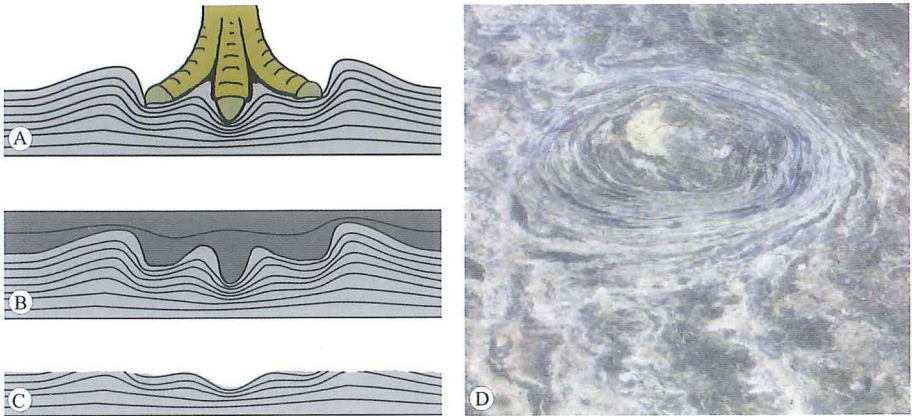


*Figur 10.  
Fint netværk af gravegange  
fra termit- eller myrelignende  
sociale insekter. Da insekterne  
gravede netværket, gravede  
de det rundt om roden fra en  
plante.*

meterlange gravegange der er mellem 5 og 10 centimeter tykke fra dyr, der har levet nedgravet i sandet. Der er også spor efter planterødder og sociale insekter, der ser ud til at have levet i kolonier ligesom moderne myrer eller termitter. Specielt optræder der fine netværk af insektgange rundt om de fossile planterødder, som om insekterne har anlagt deres netværk af gange efter planternes rødder (figur 10). Så måske har der ikke været så øde endda, og i hvert fald har der været noget ved området, der har gjort det attraktivt for rovdinosaurer i alle størrelser at opholde sig der.

Udover de talrige velbevarede dinosaurspor er denne sporlokalitet unik idet sedimentologien og erosionen på stedet gør det muligt i detaljer at studerer, hvordan spor bliver afsat og bevaret i fossile ørkenaflejringer. De fint laminerede interklitaflejringer er i dag eroderet ned til forskellig dybde, hvilket har blottet adskillige af dinosaursporene eroderet til forskellige grader og i forskellige erosive snit.

Når et dyr træder i et sediment, bliver vægten fra dyret transmitteret radiært ud i sedimentet og skaber en 'bølge' af deformation rundt om fodsporet. Lagene direkte under foden bliver kompakteret, og der dannes 'undertracks' langs de underliggende horisonter, mens sedimentet ved kanten af foden skubbes udad og kan danne en vold rundt om fodsporet (figur 11). I fint laminerede sedimenter som interklitaflejringerne i Entrada Sandstenen bliver dette fænomen meget tydeligt, når sporene har været udsat



Figur 11.

Model for dannelsen og erosionen af fodsporene fra Entrada Sandstenen. A, dinosauren går i det fint laminerede sand på interklitaflejringerne. Sandlagene under foden komprimeres, og der dannes undertracks. Rundt om fodsporet dannes en vold af sand som er blevet skubbet væk af vægten fra foden. B, lagfladen begravnes og klitsandet hærder til sandsten. C, i dag er fodsporene blottet i mange forskellige erosive stadier. D, her ses et eksempel hvor hele det oprindelige spor næsten er eroderet væk, og den opskubbede vold rundt om sporet danner et sæt af koncentriske cirkler rundt om det oprindelige spor, der svagt kan anes i midten.

for forskellige grader af erosion. I nogle tilfælde, hvor selve fodsporene er blevet eroderet helt væk, kan man stadig se, hvor sporet oprindeligt var, idet de undertracks, der blev dannet i lagene under foden, nu fremstår som en serie af koncentriske ringe i sandstenen. Alt efter hvor bløde og vellaminerede sedimenterne var, kombineret med vægten af det dyr der har lavet sporene, kan undertracks dannes til en betydelig dybde under det oprindelige fodspor. De store rovdinosaurer, sporene fra Entrada Sandstenen stammer fra har været så tunge at de har deformeret sedimentet og dannet undertracks helt ned til omkring 20 centimeters dybde under de oprindelige spor. Kombinationene af et stort antal velbevarede fossile fodspor og den specielle måde erosionen har blottet fodsporene på, gør Twentymile Wash lokaliteten til et af verdens bedste steder at studere dannelse og bevaring af fossile dinosaurspor. At lokaliteten så desuden ligger midt i Utah's smukke og vilde natur, omgivet af fantastiske geologiske blotninger, er så en ekstra bonus man må leve med, når man arbejder på lokaliteten.