

# På sporet....

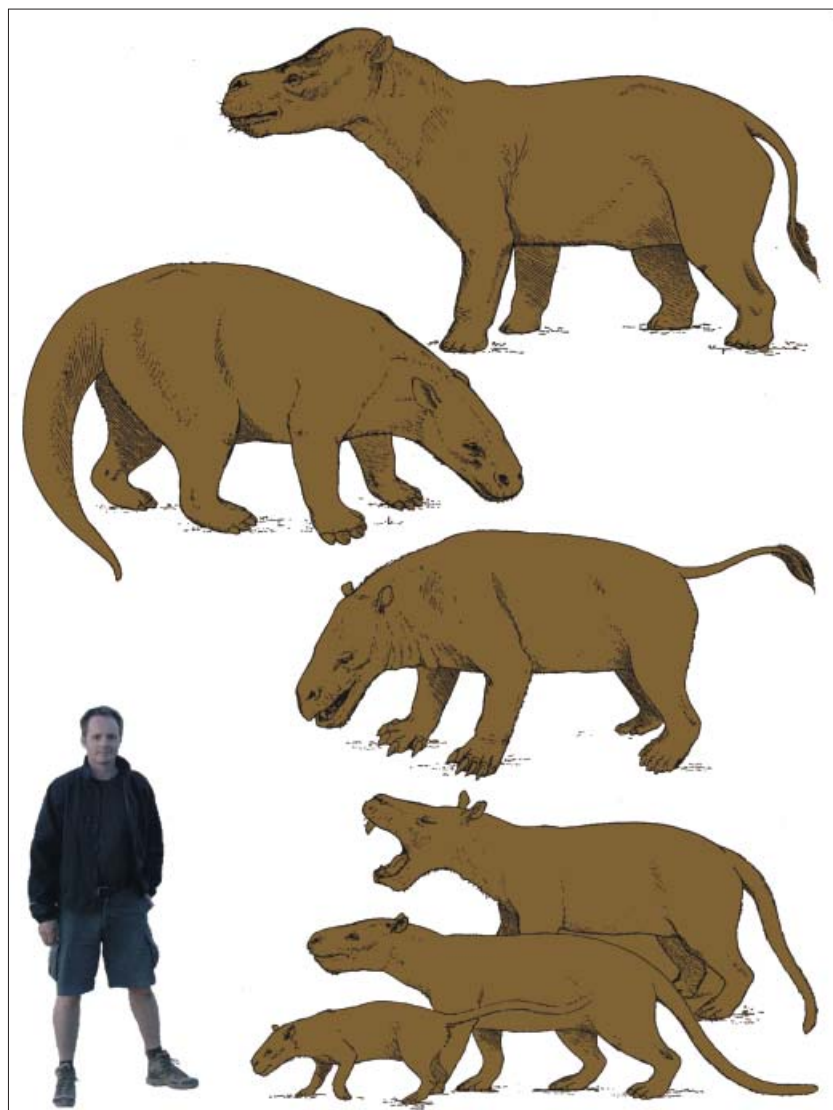
## - af Verdens første store pattedyr

Af Ph.d. Jesper Milàn Geomuseum Faxe, Østsjælland Museum, Charlotta Lüthje University Centre on Svalbard og Jørn H. Hurum Naturhistorisk Museum i Oslo

Da de store dinosaurer uddøde ved Kridt/Tertiær-grænsen for 65 millioner år siden, fik pattedyrene pludselig frit spil til at udvikle sig og kolonisere landjorden. På den norske øgruppe Svalbard findes forstenede fodspor fra de allertidligste store pattedyr, en mærkelig gruppe kaldet pantodonter.

I perioden, lige efter at de store dinosaurer var uddøde ved Kridt/Tertiær-grænsen for 65 millioner år siden, lå landjorden åben for pattedyrenes kolonisation. Under dinosaurernes herredømme, der havde varet de sidste 180 millioner år, havde pattedyrene levet en skyggetilværelse og havde ikke haft mulighed for at udvikle former større end mus og rotter. Samtlige økologiske nicher for store landlevende hvirveldyr var simpelthen besat af forskellige dinosaurgrupper, lige fra de gigantiske sauropoder til små adrætte fjerklædte rovdinosaurer. Dinosaurernes tid var imidlertid forbi nu, og der var pludselig frit spil for pattedyrene til at udvikle sig og udfylde alle de ledige, økologiske nicher, som dinosaurerne efterlod sig.

De første pattedyr, der udviklede en stor kropsstørrelse, var en mærkelig gruppe kaldet pantodonter. Pantodonterne opstod i Paleocæn-tiden for omkring 60 millioner år siden og udbredte sig over hele Verden op gennem den efterfølgende Eocæn-tid for 55 til 40 millioner år siden. Størrelsesmæssigt kunne pantodonterne have en kropsvægt på op til 500 kg, og af form har de mest mindet om en blanding af en langbenet flodhest og en bjørn (figuren til højre). Deres præcise slægtskab med de moderne pattedyrgrupper er imidlertid ikke nemt at fastslå, da de var nogen af de første store dyr, og således ikke har udviklet mange af de morfologiske karaktertræk, man bruger til at klassificere de moderne pattedyrgrupper efter. Dog regner man med, at de er nærmest beslægtede med hovdyrene og er en primitiv stamgruppe, der er spaltet fra, før de to moderne hovedgrupper af hovdyr, de parrettåede og uparrettåede hovdyr opstod. Parrettåede hovdyr



*Pantodonterne var en stor divers dyregruppe, der udviklede former på størrelse fra en lille hund og op til en stor bjørn. Her ses silhuetter af kendte pantodontslægter fra Paleocæn-tiden. Fra øverst til nederst, Coryphodon, Barylamada, Titanoides, Caenolambda, og to arter af Pantolambda. (Baseret på grafik af Simons 1960)*

har et lige antal hove, 2 eller 4, som kvæg, hjorte, får og grise. De uparrettåede har et ulige antal hove, 1, 3 eller 5, som heste, næsehorn og tapirer. Opsplittningen mellem disse to grupper skete i Palæocæn-tiden, og pantodonterne ser ud til at være så primitive hovdyr, at de endnu ikke passer ind i nogen af de to grupper.

Fra Paleocæn-tiden kendes fossiler af pantodonter fra Nordamerika og Asien, og op gennem den efterfølgende Eocæn-tid

spredte de sig ned gennem Europa, indtil de uddøde i slutningen af Eocæn for 34 millioner år siden og blev efterfulgt af forfædrene til de moderne typer af pattedyr.

### **Et sensationelt fund på Svalbard**

Indtil for nyligt kendte man meget lidt til den tidlige fase i pantodonternes udvikling, hvor de udbredte sig fra Nordamerika til Asien og senere til Europa, men et nyt sensationelt fund på den norske øgruppe

Sporene, som de så ud, da de lige var blevet fundet i loftet i kulminen. Minearbejder Håvard Dyrkolbotn viser stolt sporene frem. (Foto: Charlotta Lütthje)



Svalbard har vist sig at være en meget vigtig brik til dette puslespil. Her blev de første utvetydige forstenede fodspor fra pantodonter opdaget.

Sporene blev fundet i kulminen Gruva 7, der drives af Store Norske Spitsbergen Kulkompani i Longyearbyen på Svalbard. Det var to minearbejdere, Håvard Dyrkolbotn og Kent Solberg, der den 22. december 2006 omkring 3,5 kilometer inde i minen og 400 meter under Jordens overflade opdagede en række mærkelige 30 cm lange sandstensknolde, der hang ned fra loftet i minegangen, mens de kørte den store kulknusemaskine, der bryder kullene. Kullet mellem sandstensknoldene var løst, og da der var risiko for, at det kunne styrte ned, blev det besluttet at rense loftet i minen med håndkraft før maskinen kunne fortsætte. Da de fik kigget nærmere på knoldene, mens de rensede kullet væk omkring dem, opdagede de, at de mærkelige knolde havde tydelige aftryk af tæer og kløer og altså viste sig at være forstenede fodspor, fra dyr der

engang havde gået på toppen af kullaget. Minearbejderne forstod straks, at det var noget helt specielt, de havde fundet, og rapporterede straks fundet til ledelsen af minen, der kontaktede universitetet i Oslo. Nogle af sporene blev indsamlet og er nu udstillet på museet i Longyearbyen, mens resten stadig hænger i loftet på minen, så folk kan se dem på guidede ture i kulminen (se foto ovenfor).

Der er kun én gang tidligere i Verden blevet fundet forstenede fodspor, der menes at stamme fra Pantodonter, og de er fundet i Washington i Nordamerika. Disse spor stammer fra Eocæn-tiden og er omkring 15 millioner år yngre end sporene fra Svalbard. Sporene blev fundet på en lagflade sammen med talrige spor fra mindre pattedyr og fugle. Imidlertid er disse spor så dårligt bevaret, at de kun fremstår som afrundede huller i sedimentet, og der er ikke bevaret nogle detaljer af fodens udseende. Den eneste grund til, at disse spor blev beskrevet som mulige spor fra pantodonter, var deres størrelse,

men på den tid fandtes der allerede adskillige andre store former for pattedyr, som kunne have sat disse spor. Så det eneste, der kan siges med sikkerhed om disse spor, er, at de stammer fra et stort pattedyr.

#### Spør i kulminer

At finde forstenede dyrespor bevaret i loftet i kulminer er ikke så sjældent, som man skulle tro, og er resultatet af en række forskellige heldige omstændigheder. For det første er kullet, som sporene oprindeligt blev afsat i, omdannede rester af gamle moser og tørveaflejringer, som har været frodige steder, hvor det var attraktivt for dyrene at færdes. På et tidspunkt, lige efter at en gruppe pantodonter har krydset hen over tørveoverfladen, er moserne blevet dækket til med et lag af fint sand, der stammer fra et kraftigt tidevand eller en anden oversvømmelse af området. Det fine sand har udfyldt sporene og beskyttet dem mod yderligere erosion. Igennem millioner af år er lagene langsomt blevet begravet under tykkere og

RGS 90 A/S | Selinevej 4 | 2300 København S | Tlf.: 32 48 90 90 | E-mail: rgs90@dsvm.dk

- Rensning af forurenede jord
- Kartering af jord
- Håndtering af overskudsjord
- Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald
- Genanvendelse af slagger

en del af Miljø koncernen

tykkere lag af sedimenter, der har været op mod 2–3 km tykke. Under denne begravelse er sandlagene hærdnet til sandsten, og tørvelagene er blevet omdannet til kullag. Det sand, der udfyldte sporene, har bevaret formen og dannet en naturlig afstøbning af det oprindelige spor (figuren til højre).

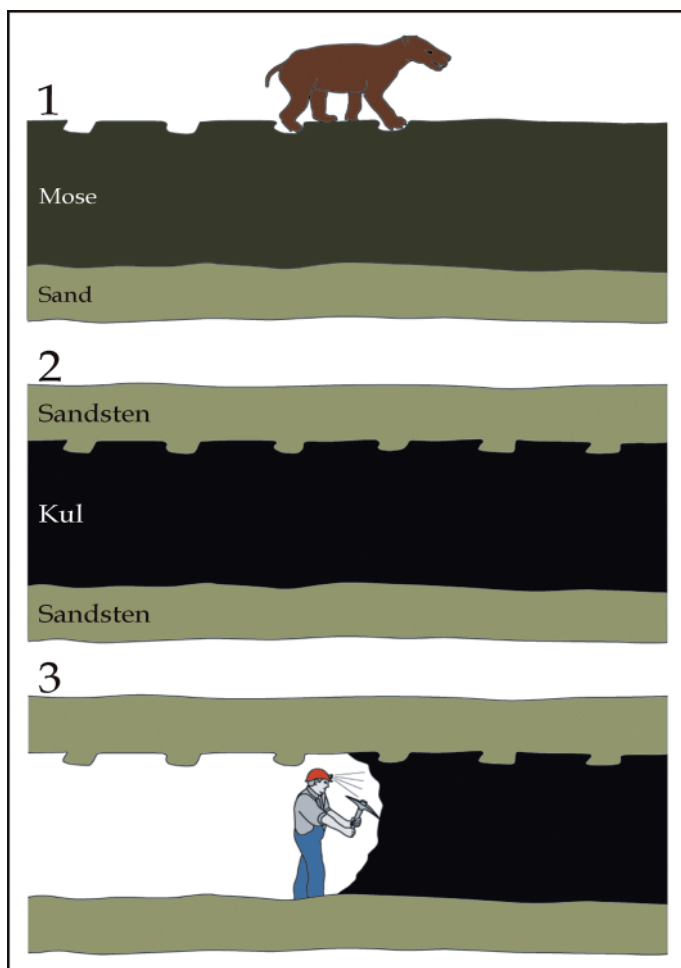
Netop grænsen mellem to forskellige typer af sedimenter er det bedste sted at finde bevarede forstenede spor, da sedimenterne har en naturlig tendens til at spaltes langs disse horisonter. Langt de fleste af de tusinder af forstenede fodspor fra fortidens dyreliv, der i dag findes bevaret rundt omkring i Verden, er fundet enten som det oprindelige spor, dyret afsatte, eller som den naturligt dannede afstøbning dannet af det sediment, der i sin tid udfyldte sporet.

Under vore dages brydning af kul fjerner man kun kullagene og lader de over- og underliggende sedimenter være. Som tilfældet med pattedyrsporene fra Svalbard, der er af en betydelig størrelse, bliver der simpelthen hakket udenom dem, når der brydes kul i minegangen med det resultat at den naturlige afstøbning af sporene hænger tilbage i loftet i minegangen. På samme måde er der fundet adskillige velbevarede spor fra dinosaurer og andre fortidsdyr i loftet i kulminer adskillige steder rundt omkring i Verden. Fænomenet med spor, der hænger ned fra loftet i kulminer, er så velkendt, at det i gamle amerikanske kulminer var kendt under det lidt politisk korrekte navn “niggerheads”. I et enkelt dokumenteret tilfælde er en minearbejder endda blevet dræbt af et forstenet dinosaurspor, der faldt ned fra mineloftet og ramte ham, måske det eneste menneske i historien der er blevet trampet ihjel af en dinosaur, dog med en vis forsikelse.

### Hvad sporene kan fortælle

Indtil nu er der blevet fundet 17 velbevarede fodspor i loftet af minen, og under arbejdet med at opmåle og kortlægge sporene blev det klart, at de måtte stamme fra mere end et enkelt dyr. Der er forskelle i størrelsen på nogle af sporene, og gangmønsteret passer

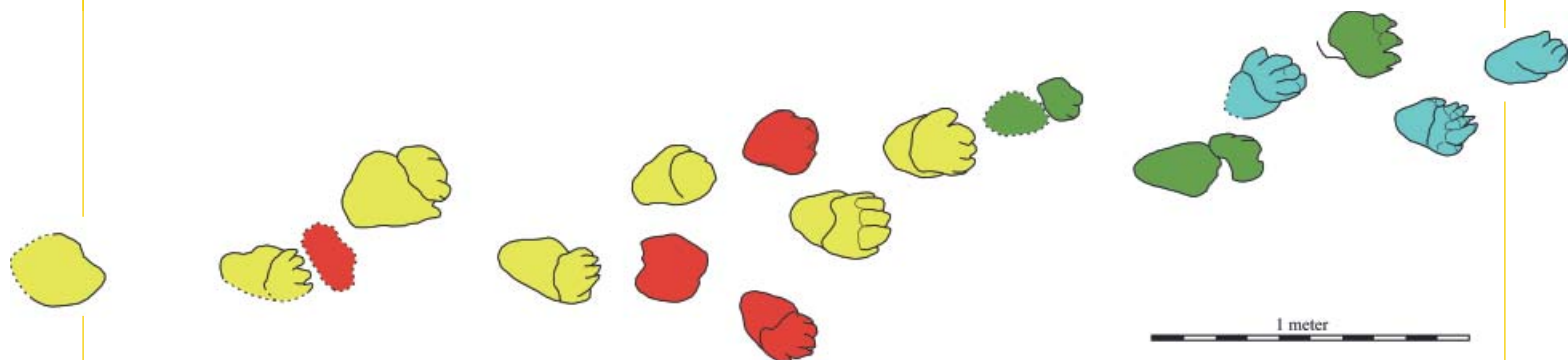
*Tegneserie der viser dannelsen og bevarelsen af sporene. 1) Pantodonterne gik hen over den tørvede moseoverflade, og deres fødder satte dybe spor i den bløde tørv. Efterfølgende blev tørveoverfladen dækket af et lag sand, der begravde sporene. 2) Gennem de næste mange millioner af år hærdnede sandlagene til sandsten, og tørven blev kompakteret til et kullag. 3) Når kullaget graves væk under vore dages brydning af kullet, kommer sporene igen til syne i minegangens loft som naturligt dannede afstøbninger dannet af det sand, der i sin tid fyldte dem. (Grafik: Britta Munch)*



ikke med kun sporene efter et enkelt dyr. Det ser derimod ud til, at sporene stammer fra mindst 3 forskellige dyr, hvis spor hver kan følges over et par meter gående i nogenlunde samme retning. Derudover er der fire enkelt spor, der ikke umiddelbart passer ind i nogle af sporserierne og sikkert repræsenterer dyr, der har gået i andre retninger og har krydset sporene fra de tre andre (figuren nedenfor).

Hvorvidt der er tale om en flok af dyr, der har gået forbi samtidig, eller det drejer sig om enkelte dyr, der er kommet forbi på

tilfældige tidspunkter, kan være svært at sige. Dog kan forskelle i, hvor velbevarede sporene er, hjælpe lidt til med at bestemme rækkefølgen af, hvornår de forskellige spor er sat. Sporene, der indgår i de sammenhængende sporserier, er lidt bedre bevarede end de fire spor, der ikke hænger sammen med en sporserie. Det kunne tyde på, at disse spor har været afsat først af dyr, der har gået rundt i området, og så er sporene langsomt skredet sammen, og de fine detaljer af fodens anatomi er forsvundet. Nogle af sporene i sporserierne er meget velbevarede



*Kort over sporene som de blev fundet i loftet af kulminen. Kortet er tegnet på baggrund af en fotomosaik af mineloftet, og de enkelte sporserier fra de forskellige dyr er markeret med gul, blå og grøn farve. De fire spor, der ikke umiddelbart passer ind i nogle af sporserierne, er farvet røde. Bemærk, hvordan bagfoden på dyrene i de fleste tilfælde har trådt oven i sporene fra forfoden. (Grafik: Jesper Milån baseret på fotos af Jørn Hurum)*



Nærbillede af et af de bedst bevarede spor, som hænger i mineloftet. Sporet er et dobbelt-aftryk og består af både forfod og bagfod, der er trådt oven i hinanden. Den forreste del af sporet viser de skarpe kløer på forfodens tæer, ligesom man også tydeligt kan se, hvordan aftrykket af den mindre forfod er dybere end bagfodens aftryk. Fodsporet er i alt 28 cm langt. (Foto: Jørn Hurum)

med aftryk af de enkelte tæer og kløer (figuren øverst på næste side). Disse spor må have været afsat, umiddelbart før området blev oversvømmet, og sporene blev fyldt med sand.

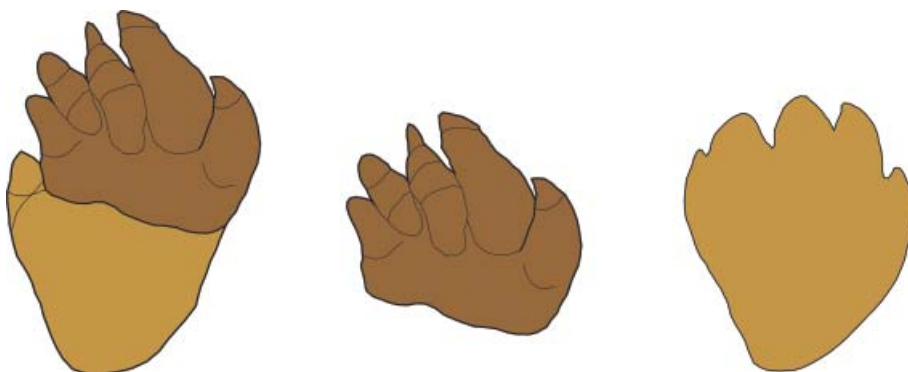
De individuelle spor er i mange tilfælde så godt bevaret, at man kan se, at aftrykket fra forfoden af dyret er omtrent halvdelen af størrelsen af aftrykket fra bagfoden, og i alle de fundne spor er forfoden sunket dybere ned i sedimentet end bagfoden, da den har haft et mindre areal til at bære dyrets vægt med.

Når dyret har gået, har dets skridt passet med, at det har sat bagfoden delvist oven i aftrykket fra forfoden. Derfor er næsten alle sporene bevaret som dobbeltaftryk bestående af en dyb "forende", der består af aftrykket fra forfoden kombineret med en længere, men ikke ligeså dyb "bagende",

der er afsat af den bagerste del af dyrets bagfod. Da forfoden er trykket dybere ned end bagfoden, er formen på forfoden i de fleste tilfælde velbevaret, og ud fra sporene kan man rekonstruere forfodens og klovenes morfologi i detaljer. Af bagfoden er der derimod kun i enkelte tilfælde bevaret aftryk af tæerne på foden (illustration nedenfor).

#### Identifikation af sporsætteren

Sporenes størrelse med fodlængder op til 25 cm og alderen på omkring 60 millioner år, indsnævrer hurtigt feltet af mistænkte sporsættere til en enkelt dyregruppe, nemlig pantodonterne, der var de eneste kendte store pattedyr på det tidspunkt. Når man arbejder med fossile fodspor fra uddøde dyregrupper, er man vant til, at det kan være meget svært at identificere sporsætteren til andet end overordnet niveau, simpelthen



Rekonstruktion af fodsporene baseret på de bedst bevarede eksemplarer fra mineloftet. Til venstre ses et typisk eksempel, hvor bagfoden er trådt halvt oven i forfoden. I midten forfoden alene og til højre bagfoden alene. (Grafik: Jesper Milàn)

Geologisk tidsskala						
Eon	Æra	Sub-æra	System/periode	mi. år	Serie	
Fanærozoikum	Kænozoikum	Kvar-tær	Neogen	0,01	Holocæn	
				1,8	Pleistocæn	
				5,3	Pliocæn	
		Tertiær	Palæogen	23,0	Miocæn	
				33,9	Oligocæn	
				55,8	Eocæn	
				65,5	Palæocæn	
			Mesozoikum	Kridt	99,6	Øvre
						Nedre
				Jura	145,5	Øvre
	161,2	Mellem				
	175,6	Nedre				
	Trias	199,6		Øvre		
		228,0		Mellem		
		245,0		Nedre		
		251,0	Lopingien			
	Perm	260,4	Guadalupien			
		270,6	Cisuralien			
	Karbon	299,0	Missis-sippian	306,5	Øvre	
		311,7		Mellem		
		318,1		Nedre		
		326,4	Pennsyl-vanien	345,3	Øvre	
		359,2		Mellem		
				Nedre		
		Devon		385,3	Øvre	
	397,5		Mellem			
	416,0		Nedre			
	418,7		Pridoli			
422,9	Ludlow					
428,2	Wenlock					
Silur	443,7	Llandovery				
	Ordovici-um	443,7	Øvre			
		460,9	Mellem			
		471,8	Nedre			
	Kambrium	488,3	Furongien			
501,0		Mellem				
513,0		Nedre				
Protero-zoikum	542,0	Neoprote-rozoikum				
	1.000	Mesopro-terozoikum				
	1.600	Palæopro-terozoikum				
	Arkæ-ikum	2.500	Neoarkæikum			
		2.800	Mesoarkæikum			
3.200		Palæoarkæikum				
3.600	Eoarkæikum					
					Systembeteg-nelserne for Proterozoi-kum er ikke medtaget. For Arkæikum forligger der ingen system-navne.	

fordi der kan være meget stor forskel på, hvordan sporet fra et dyr ser ud, og hvordan skelettet fra den samme fod ser ud. Det er, fordi alle fodens bløddele som skind, hår og muskler ikke bliver bevaret fossilt, og da det er bløddelene, der danner fodsporet, bliver det som oftest bare et godt bud på, hvem sporsætteren er. I tilfældet med sporene fra Svalbard var vi dog så heldige, at sporsætteren kunne bestemmes meget mere præcist end normalt.

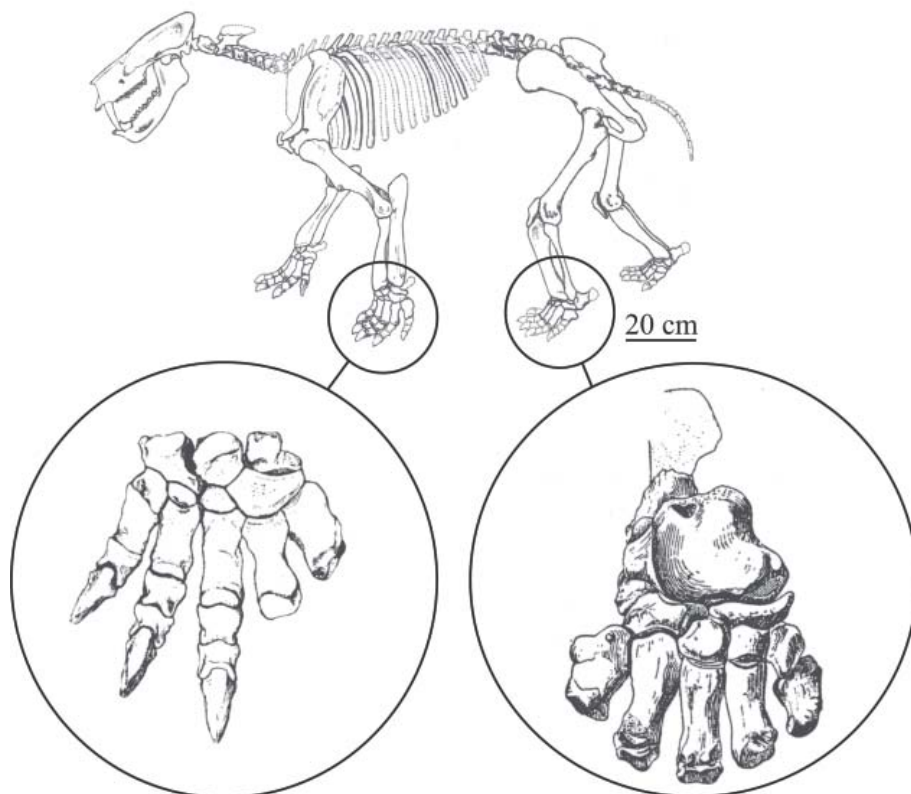
I de bedst bevarede spor kan man se, at forfoden har fem korte tæer, der hver ender i en relativt lang, smal skarp klov. Bagfoden derimod har aftryk af fem korte tæer, der hver ender i korte trekantede hovlignende kløer (de to figurer på foregående side). Netop denne konfiguration med skarpe kløer på forfoden og brede hove på bagfoden gør det muligt at identificere sporsætteren helt ned til slægtsniveau, hvilket er en helt uhørt nøjagtighed, når man arbejder med fossile spor.

Ud af de 5 slægter af pantodonter, som man kender som fossiler fra Paleocæn-tiden, har de alle korte, brede hovlignende kløer på både for- og bagfoden, på nær én slægt, *Titanoides*, der havde skarpe kløer på forfoden og afrundede kløer på bagfoden artiklens første figur). Desuden passede kropsstørrelsen hos *Titanoides* også perfekt til størrelsen af sporene fra Svalbard (figuren til højre). Havde det været spor fra enhver anden pantodontslægt end *Titanoides*, havde vi ikke været i stand til at bestemme sporene så nøjagtigt.

### Svalbard i Paleocæn

Ud fra geologiske rekonstruktioner af kontinenternes placeringer i fortiden ved vi, at Svalbard var placeret sidelæns i forbindelse med nordenden af Grønland i Paleocæn-tiden, da sporene blev dannet (figuren nedenfor). Det paleocæne landskab var et fladt kystområde med store tidevandsfloder og laguner beskyttet af barriereø-komplekser, lidt i stil med landskabet omkring Vadehavet i dag.

På kystsletten var der udstrakte, sumpede moseområder med frodig vegetation, der



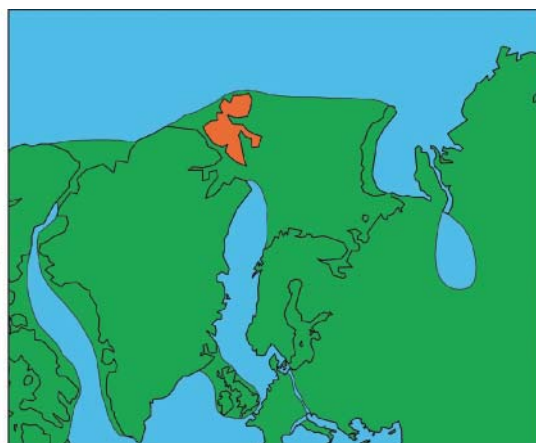
Skelet af pantodonten *Titanoides* med forstørrede udsnit af for- og bagfodens skelet. Læg mærke til de skarpe kløer på tæerne af forfoden; sammenlign med sporene i figur 5 og 6. (Baseret på grafik af Simons 1960)

var attraktive områder for dyr at leve i. I dag kendes disse aflejringer som *Firkanten Formationen* og består af fine sandstenslag og vidtstrakte kullag, der brydes kommercielt. Ud fra indholdet af plantefossiler i kullagene kan man se, at klimaet på Svalbard var meget anderledes, end det er i dag. Dengang var der fugtigt, tempereret og rimeligt stabilt klima hele året rundt og ikke koldt og arktisk som i dag, selvom Svalbard også lå nord for polarcirklen dengang (figuren nederst på næste side).

Sporene fra kulminen er de hidtil nordligste rester af pantodonter, man har fundet, og de har vist sig at være meget vigtige i opklaringen af mysteriet om, hvordan pantodonterne og andre pattedyr spredte sig

fra Nordamerika til Asien. Som det ses af kortet nedenfor, var Nordamerika, Grønland og Svalbard placeret tæt på hinanden og har været forbundet af landbroer gennem længere perioder. Nordatlanten var kun lige begyndt at åbne sig op mellem Norge og Grønland, og der har stadig været periodiske forbindelser mellem Nordgrønland, Svalbard og Norge.

Den mest accepterede model for pattedyrenes udbredelse mellem Nordamerika og Asien er, at de har vandret vestover gennem Alaska til Rusland. Men fundet af pantodontspor så langt mod nord, mens der stadig var periodisk forbindelse mellem Nordgrønland og Nordeuropa, gør det sandsynligt, at de tidlige migrationsruter for pattedyr gik



Svalbard før og nu. I dag ligger Svalbard (indikeret med orange) ensomt langt ude i Nordatlanten mellem Norge og Grønland. I Paleocæn-tiden lå Norge og Grønland meget tættere på hinanden, og Svalbard lå placeret i forlængelse af den nordlige del af Grønland. I flere perioder var der fast forbindelse mellem Grønland og Rusland/Norge via landbroer, der gjorde det muligt for dyr at indvandre fra Nordamerika. (Grafik: Jesper Milàn)



Udsigten over Longyearbyen på Svalbard i dag. Det er svært at forestille sig, at området for omkring 60 millioner år siden var en flad, frodig kystslette, hvor flokke af pantodoner græssede i den tætte vegetation mellem tidevandskanalerne. (Foto: Jesper Milàn)

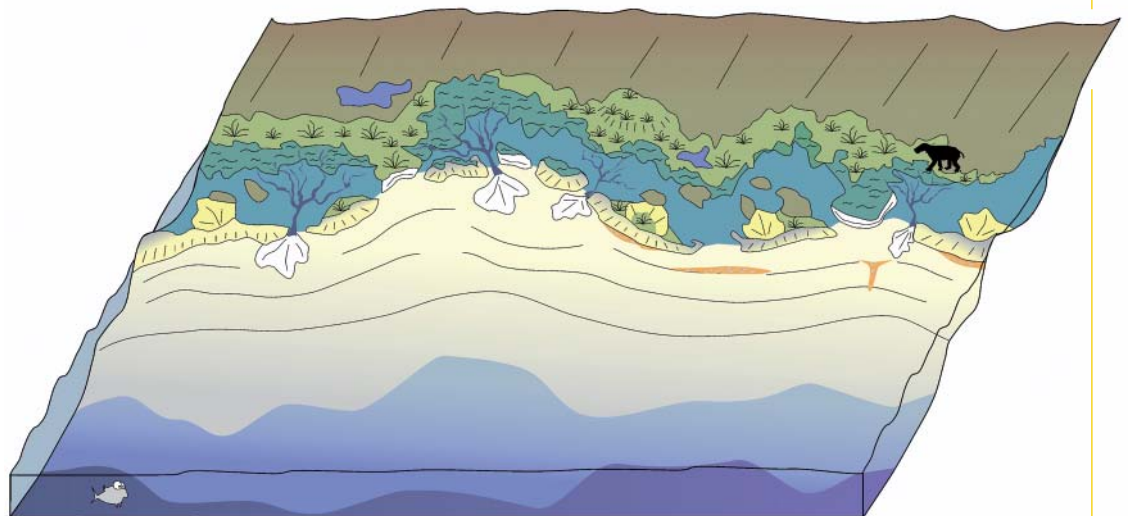
østover fra Nordamerika til Europa og videre til Asien. Indtil videre er fodsporene på Svalbard de eneste beviser for pattedyr i det område, da der aldrig er fundet noget skeletmateriale i aflejringerne eller tilsvarende lag på Nordgrønland. Men måske vil fremtidige undersøgelser i de arktiske egne bringe nyt materiale frem i lyset og være med til at kortlægge denne spændende periode i den tidligste del af pattedyrenes historie.

Når man i dag står og kigger ud over det barske og ugæstfrie klima, der i dag hersker på Svalbard, hvor der kun vokser få lave græsser og urter, er det svært at forestille sig, at klimaet for 60 millioner år siden var varmt og frodigt (fotoet ovenfor). Men tilstedeværelsen af de tykke kullag med deres rige forekomst af plantefossiler samt de forstenede fodspor i loftet af kulminen beviser, at Verdens første store pattedyr herskede i Svalbards vidtstrakte frodige moseområder dengang.

#### Anbefalet litteratur:

- Rose, K.D. 2006. *The beginning of the age of mammals. The John Hopkins University Press, Baltimore, 431 sider.*

- Simons, E.L., 1960. *The Palaeocene pantodonta. Transactions of the American Philosophical Society, volume 50, side 1–98.*  
 - Turner, A. & Anton, M. 2004. *Pattedyr - deres fantastiske historie. Carlsen 192 s.*



Rekonstruktion af landskabet på Svalbard som det så ud for omkring 60 millioner år siden i Paleocæn-tiden. Området var en frodig kystslette med tidevandskanaler, barriereøer og små beskyttede laguner. (Grafik: Charlotta Lüthje)