



KUML
2002

KUML 2002

Årbog for Jysk Arkæologisk Selskab

With summaries in English

I kommission hos Aarhus Universitetsforlag

Ramper og stilladser

Løft af store sten i oldtiden

Af PALLE ERIKSEN

Dysserne og jættestuernerne blev bygget af store sten for over 5.000 år siden – i yngre stenalder i århundrederne omkring 3.300 f.Kr. Dengang var man i det område, som senere blev til Danmark, i stand til at løfte 25 tons tunge sten 1-2 meter op og med centimeters nøjagtighed anbringe dem som dæksten på kamrene til de store stengrave (fig. 1). Hvis der havde været større egnede sten, så var de også blevet brugt. Men i Danmark havde man kun adgang til de forholdsvis små "små" sten, som var brækket af urfjeldet i Norge og Sverige og bragt hertil af isen.

Selv de største sten i vore store stengrave er nemlig små i forhold til nogle af de kæmpesten på 100-180 tons, der findes som dæksten på samtidige eller nogle hundrede år ældre megalitgrave i Spanien, Frankrig og Irland. Her lever ordet "megalit" virkelig op til sit navn, idet "mega" og



Fig. 1. Stendyssen, Poskær Stenhus på Mols, har en dæksten, der vejer 11 tons. Mange dysser har meget mindre dæksten, helt ned til 1-2 tons. – Foto: P.V. Glob. Moesgård Museum.

Poskær Stenhus (Poskær Stone House) on Mols is a dolmen with a capstone weighing 11 metric tons. Many dolmens have much smaller capstones, weighing 1-2 metric tons.

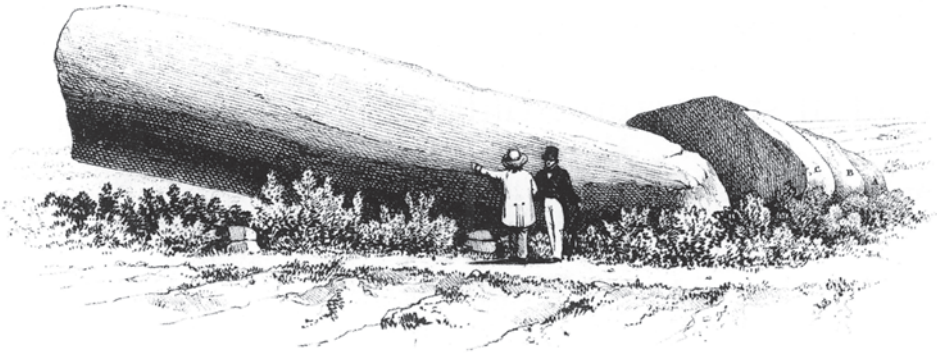


Fig. 2. Le Grand Menhir Brisé, i Bretagne vejer omkring 300 tons. Denne mægtige sten af granit kommer ovenikøbet fra et stenbrud lidt over 3 km væk. – Tegning: Blair og Ronalds 1834. Efter Michell 1982.

Le Grand Menhir Brisé in Bretagne weighs around 300 metric tons. On top of that, this giant granite stone came from a quarry three kilometers away.

“lithos” på græsk betyder henholdsvis “stor” og “sten”. Når disse sten er så mægtige, skyldes det, at de i stenalderen ofte blev udhugget af den faste klippe i stenbrud.¹ Man har så at sige selv kunnet bestemme, hvor store stenene skulle være. Den største sten fra yngre stenalder er Le Grand Menhir Brisé ved Locmariaquer i Bretagne. Navnet betyder “den store knækkede menhir”, da den er brækket i fire stykker. I hel stand har den været 20,3 meter lang og vejte omkring 300 tons. Denne lange, slanke sten – en såkaldt menhir – skulle “blot” rejses op på højkant (fig. 2).²

Obelisken ved Aswan i Ægypten er uden tvivl, med en længde på 42 meter og en vægt på 1.168 tons, den mest imponerende megalit fra oldtiden. Obelisken ligger stadig i stenbruddet, da den blev opgivet, formentligt på grund af opståede revner i stenen. Den skal formodentligt dateres til ca. 1450 f.Kr. I det hele taget veg ægypterne ikke tilbage for store tunge sten: De to kolossale statuer, Memnon-kolosserne, som blev bestilt af faraoen Amenophis 3. omkring 1360 f.Kr. og placeret i Theben, vejer hver især omkring 1.000 tons og er 21 meter høje. Selv om disse ægyptiske stenarbejder næsten er et par tusinde år yngre end de europæiske megalitter, er de alligevel udhugget, transporteret og rejst ved hjælp af stenalder teknologi.

Oplægningen i stenalderen af de store sten som dæksten over megalitgravene er imponerende præstationer. Især da håndteringen af stenene foregik med ganske enkle midler og uden brug af taljer, donkrafte eller andre mere udviklede mekaniske hjælpemidler. Teknikken har så absolut i ordets bogstaveligste forstand været lavteknologisk. Det gælder også for mange andre af oldtidens bygningsværker, som for eksempel de højtlig-

gende overligger i Stonehenge og de millioner af sten i Ægyptens pyramider.

Hvordan kom de store sten så op? Det er et ofte stillet spørgsmål, som af danske arkæologer traditionelt besvares med: "Stenene blev trukket op ad en jordrampe som foreslået af Frederik 7.". Men som vi skal se, er svaret ikke så enkelt, og det kan ikke uden videre aflæses ved at studere de store stengrave i dag. For at finde løsningen må vi se på lignende løft af store sten fra historisk tid forskellige steder i verden, på arkæologiske udgravninger, eksperimenter samt teorier om, hvordan det har kunnet lade sig gøre. I den følgende gennemgang er langt fra medtaget alle eksempler, da det ville blive for uoverskueligt. Vægten er lagt på at præsentere væsentlige og forskellige metoder og teknikker, som kan have været benyttet ved oplægningen af dækstenene på megalitgravene.³ Men inden da skal vi kort se på, hvordan stenene blev transporteret. Det er nemlig ikke uden betydning for forståelsen af, hvordan de endte som dæksten.

Transport af stenene

Transporten af de store sten til byggestedet synes ud fra etnografiske paralleller, historiske kilder og moderne eksperimenter hovedsageligt at være foregået ved, at stenene har været fastspændt til træslæder, og så ved træk i flere reb er blevet flyttet (fig. 3). Reb i forhistorisk tid var lavet af plantefibre, bl.a. bark af løvtræer.⁴

Der er to oplagte fordele ved brug af slæder. For det første giver slæden et ensartet og jævnt underlag for stenen, så denne ikke "bider" sig fast i jorden ved transporten. For det andet muliggør slæden og stenens fastspænding til den, at det er nemt at spænde trækrebene fast. Trækraften blev leveret af mennesker, ofte i hundredevis.⁵ Husdyr, først og fremmest okser, menes ikke at have været anvendt. Der angives flere grunde hertil, men væsentligt er, at brug af trækdyr ikke på daværende tidspunkt synes at have været tilstrækkelig effektiv.⁶

På Thor Heyerdahls ekspedition i 1955-56 til Påskeøerne blev der flyttet en 10 tons tung og 4 meter lang statue – en moai. Statuen lå fastspændt til en slæde i form af et stykke af en Y-formet træstamme og blev trukket af sted i to svære tove af 180 mand hen over træ udlagt på tværs. Strækningen, som den blev flyttet, var dog ganske kort.⁷ Statuerne, der stammer fra perioden 1000-1500 e.Kr., er spredt omkring stenbruddet på vulkanen Rano Raraku, men enkelte er transporteret 10 kilometer væk. Moaierne vejer gennemsnitligt omkring 18 tons, men der findes også 50 tons tunge statuer og en kæmpe, Paro, på 82 tons. Den sidste er dog aldrig blevet løsnat fra klippen. Af lokale beretninger fremgår det, at moaierne efter ordre fra en overnaturlig hersker selv gik til bestemmelsesste-

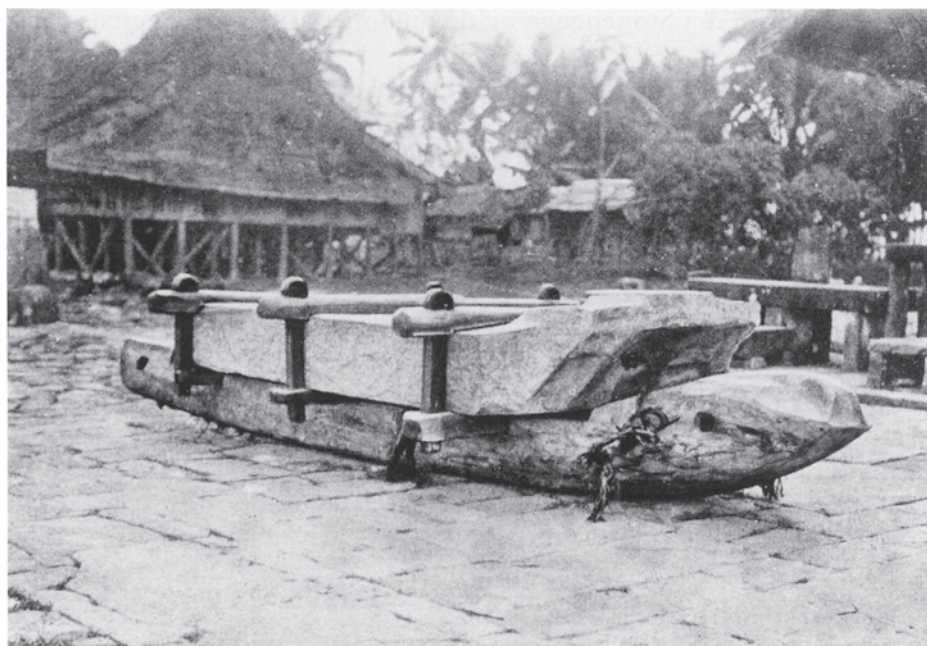


Fig. 3. En 8 tons stor sten, der skulle bruges som gravsten, er her ankommet til Bawomataluwo på Nias i 1914. Stenen blev ført fra stenbruddet omhyggeligt fastspændt på en træslæde, der bestod af et stykke af en naturligt Y-vokset træstamme. Det er den samme sten som på figur 6 og figur 24. – Efter Schröder 1917.

This photo from 1914 shows a stone arriving at Bawomataluwo on Nias, Indonesia. The stone, which weighed 8 metric tons and was to be used as a gravestone, was moved from the quarry carefully tied to a wooden sledge made from a natural Y-shaped stem. The same stone is pictured on fig. 6 and fig. 24.

det, hvilket passer med, at de kan rokkes eller trækkes af sted, enten på deres basis eller på maven. Om statuer, der ikke er nået frem, siges, at de var blevet trætte! Der er lavet forskellige eksperimenter med at flytte statuerne i oprejst tilstand. Den mest hensigtsmæssige og hurtige måde at gøre det på er på en træslæde, der i reb bliver trukket hen over udlagte ruller. En amerikansk geolog, Charles Love, har i Wisconsin stået bag sådan et eksperiment, hvor en 4 meter lang og 10 tons tung kopi af en moai blev flyttet 45 meter på to minutter af 25 mænd, der trak i to reb. Flytningen forløb så hurtigt og effektivt, at det er blevet sagt om eksperimentet, at det virkelige problem ikke var at flytte figuren, men at standse den!¹⁸

Træruller lagt under slæden på tværs af trækretningen letter transporten på hårdt underlag, hvor rullerne ruller med under slæden og kommer ud bag denne, hvorefter de samles op og lægges foran slæden igen. Er jorden derimod blød, ujævn eller er der mindre forhindringer, så kan trærullerne ikke fungere ved at rulle med "som hjul" under slæden med stenen. Alligevel lægges der træ ud, for at slæden får et kunstigt hårdt underlag og ikke



Fig. 4. For at lette trækningen af en gravsten, er der lagt træ ud på tværs, så slæden med stenen ikke synker ned i det løse sand. Sumba 1931. – Foto: L.C. Heyting.

In order to lighten the transportation of a gravestone, wood has been placed transversely to the pulling direction, so that the sledge with the stone will not sink into the soft sand. Sumba, Indonesia, 1931.

synker ned i jorden. Træet kan da være meget uregelmæssigt, og de afkortede stammer behøver langt fra at være lige (fig. 4).

Ved meget hårdt underlag kan det tænkes, at store sten eller skulpturer af sten blev trukket af sted uden at rulle over eller glide på udlagt træ. Men det har næppe fundet sted, da det er for besværligt og nemt beskadiger statuerne.⁹

Når man betragter den ofte gengivne tegning af det ægyptiske gravmaleri, der viser flytningen af den 58 tons tunge og 7 meter høje statue af stormanden Djehutyhotep (ca. 1860 f.Kr.), kunne man få det indtryk, at statuen på sin træslæde trækkes af sted på den bare jord (fig. 5). Statuen er med reb spændt fast på slæden, der ved fire hold med hvert sit reb og med en formand i spidsen bliver trukket af i alt 168 trækkarle. Foran på slæden står der en mand, som hælder vand ud enten af ceremonielle grunde eller for at mindske gnidningsmodstanden. Under ham ses tre vandbærere, og over ham står en mand og vifter med et røgelseskar. Manden på statuens knæ dirigerer trækket med hænderne og med arbejdsrå-

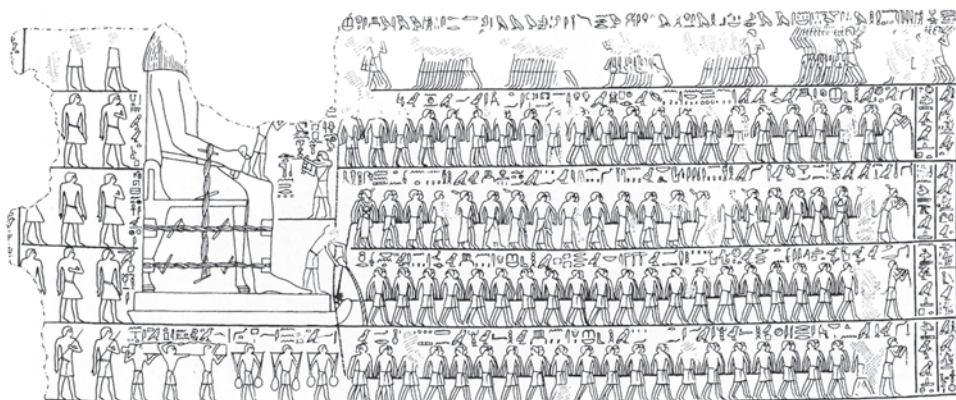


Fig. 5. Den 58 tons tunge og 7 meter høje statue af stormanden Djehutihetep bliver fra stenbruddet trukket af sted. Tegning af ægyptisk gravmaleri ved El Bersheh, omkring 1860 f.Kr. – Efter Lehner 1998.

The statue of the magnate Tehuti-hetep, 58 metric tons and seven meters high, is pulled from the quarry. Drawing based on an Egyptian grave mural by El Bersheh, from c.1860 BC.

bet “Djehutyhotep – elsket af kongen”.¹⁰ Statuen må være trukket henover et slæbespor magen til det, som er fundet i Ægypten ved Lisht nær pyramider fra 12. dynasti (1976-1794 f.Kr.). Her er afdækket op til 11 meter brede trækveje, der består af fyld af kalkstensskærver og mørtel lagt ned mellem tværgående træbjælker, så der blev dannet et fast underlag. Mudder fra Nilen har sikkert været brugt som et effektivt glidemiddel.¹¹ Et moderne ægyptisk eksperiment har vist, at trækningen af 2 tons tunge sten på den slags anlagte trækveje er at foretrække frem for brug af ruller under slæden.¹² Nilen var forøvrigt en vigtig transportvej, hvor de udhugne sten, søjler og statuer i både blev sejlet fra stenbruddene og så tæt på deres bestemmelsessteder som muligt. Sådanne transporter er også gengivet i gravenes vægmalerier. Man kan godt forestille sig, at transport af sten til vands også har været anvendt i Europa i oldtiden.¹³

Det har selvfølgelig været nemmest at trække sten ned ad skrånende terræn og i fladt terræn, men man har også kunnet trække sten op ad ret stejle skråninger. Et godt eksempel herpå er transporten af en 8 tons stor sten, der i 1914 skulle opstilles som gravsten for den afdøde høvding i Bawomataluo på øen Nias i Indonesien (fig. 6).¹⁴ I løbet af to dage blev stenen trukket 3 km af 525 mand. Undervejs steg terrænet 300 meter, og på det sidste stræk blev der overvundet en stigning på 30-40 grader. Disse billeder fra Nias er ret instruktive og fascinerende at studere. Man ser tydeligt, at der bliver hevet i fire reb, og at stenen bliver trukket hen over



Fig. 6. Over 500 mand trækker i fire tove en 8 tons tung sten op ad en skråning på Nias i 1914. Læg mærke til de udlagte træstykker. – Efter Schröder 1917.

More than 500 men using four ropes are pulling a stone weighing eight metric tons up a slope on the island of Nias in 1914. Notice the pieces of wood in front of it.

og op ad træ udlagt på tværs. Træstykkerne er ud til siden fæstnet til jorden med nedbankede pæle, så træet ikke ruller ned. På denne måde har man også sikret sig, at træstammerne ligger regelmæssigt. Det udlagte træ fungerer ikke som ruller, men udgør en fast overflade – en “trævej” – som

slæden med den tunge sten kan trækkes over. Yderligere har det udlagte, fæstnede træ den fordel, at trækkarlene får et godt fodfæste.

Flere eksempler på transport af sten kunne nævnes, men lad os slutte af med et moderne, tankevækkende eksperiment. I 1994 forestod ingeniøren Mark Whitby et eksperiment nær Stonehenge, hvor en 40 tons tung og 8 meter lang kopi i beton af en af de største sten i Stonehenge blev flyttet ad en "træskinnevej".¹⁵ Betonblokken var fastspændt på en speciel træslæde, der var forsynet med en køl, så den ikke kunne gå af sporet, der bestod af langsgående tilhugget, kraftigt tømmer i to baner, som var nedgravet i jorden, så de lå solidt. Mellemrummet mellem de to spor var åbent, da slædens køl skulle passere herigennem. Overfladen af sporet var fedtet ind for at nedsætte gnidningsmodstanden. 130 personer trak i fire reb stenen op ad let hældende terræn med en stigning på 3 grader. Først i korte ryk, og dernæst ret hurtigt i en jævn bevægelse, når slæden med blokken var kommet i bevægelse. Kun 60 personer skulle der til for at trække den anden vej, ned ad skråningen. I forbindelse med dette eksperiment er det beregnet, at en 40 tons sten på denne måde i let bølgende terræn kan transporteres 30 km på 12 dage af 200 mennesker. Men det må være under forudsætning af, at "træskinnerne" er lagt, hvilket trods alt er meget omstændeligt. De 30 km svarer til afstanden mellem Stonehenge og Marlborough Downs, hvor de store sten i Stonehenge er hentet.

Høj- og rampeteorien

Da Saxo Grammaticus i 1200-tallet skrev vor første Danmarkshistorie, var han fuldstændig overbevist om, at det var kæmper, som havde bygget vore dysser og jættestuer: "At Danmark i gamle Dage maa have været beboet af Kæmper, har vi Vidnesbyrd om i de overordentligt store Sten, der er anbragt over de gamles Grave og Huler. Skulde nogen tvivle om, at det er sket ved Hjælp af Kæmpekræfter, saa lad ham blot se op paa Toppen af nogle af vore Bakker og sige os, i Fald han kan, hvem der skulde kunne have slæbt saa mægtige Blokke helt derop".¹⁶ Denne opfattelse gav navn til vores største stengrave: jættestuerne. Teorien, som kunne kaldes for kæmpeteorien, holdt sig i Danmark og det øvrige Europa til hen i 1700-tallet.

Det var først i løbet af 1800-tallet, at der på tryk forelå realistiske og udførlige overvejelser om, hvordan jættestuerne kunne være opført af almindelige mennesker i stenalderen. Det bedst kendte eksempel er kong Frederik 7.'s fine, lille hefte "Om Bygningsmaaden af Oldtidens Jættestuer", der udkom i 1857, og som straks efter blev oversat til en lang række forskellige sprog.¹⁷

Frederik 7.'s teori er velkendt, men faktisk lancerede han to teorier

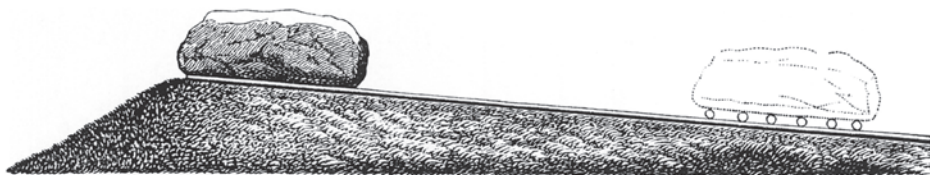


Fig. 7. Kong Frederik 7. var en habil tegner. Det er sikkert ham selv, som har illustreret sine teorier om, hvordan en stor sten kunne ende som dæksten på en megalitgrav. Øverst højteorien fra 1853, nederst rampeteorien fra 1857. – Efter Frederik 7. 1857.

King Frederik the Seventh was a competent draughtsman. The theories of how a large stone ended as the capstone in a megalith grave was probably illustrated by himself. On the hill theory from 1853, underneath the ramp theory from 1857.

(fig. 7). Ifølge den første og ældste teori – højteorien, fremsat i 1853 – lå eller blev dækstenen trukket op på et højt sted i terrænet. Herefter blev der gravet huller ind under dækstenen, og i disse huller blev bærestenene anbragt. Jorden under dækstenen og omkring bærestenene kunne derefter graves væk.

Ifølge den anden teori – rampeteorien, fremsat fire år senere – blev bærestenene til kammeret rejst først, derefter blev der lavet en jordrampe, hvorpå der blev anbragt langsgående træbjælker. Så blev dækstenen på ruller trukket op ad den jævne skråning og anbragt på bærestenene: “Med Kiler og Løftestænger, Svingkøller, Menneskers og Trækdyrs Kræfter maatte det kunne lykkes at rulle Overliggeren op paa Væggestenene ad den jævne Skraaplan” (fig. 8).

Det er denne sidste teori – rampeteorien – der generelt omtales som Frederik 7.'s teori. Frederik 7. kan godt have været ophavsmand til højteorien, som han fremsatte i 1853, men han er det faktisk ikke til rampe-teorien, som allerede var kendt, hvilket han også selv nævnte i 1853: “Man har tidligere yttret den Formodning at de svære Dækstene kunde ved Løftestænger være væltede op ad anbragte Skraaplaner, hvortil imid-



Fig. 8. Jættestueidyl og mandfolkehørm i fransk tegning fra 1800-tallet. Tegneren kan meget vel have læst og været inspireret af “Sur la construction des salles dites des géants”, som er titlen på den franske oversættelse af Frederik 7.’s skrift. – Tegning: Georges Devy. Efter Roche 1969.

Passage grave idyll and he-man tang in a French 19th-century drawing. The draughtsman may well have read and been inspired by “Sur la construction des salles dites des géants”, which was the title of Frederik the Seventh’s pamphlet.

lertid maatte udfordres en betydelig Kraftanstrengelse og vel en større, end man tør forudsætte af Datidens Beboere, da Mechaniken upaatvivlelig stod paa et lavt Trin, kunde antages at disponere over”.¹⁸

En hollandsk præst og historiker, N. Westendorp, havde allerede i 1815 foreslået, at dækstenene var blevet bragt op ad jordramper, ovenikøbet ved menneskekraft alene og uden brug af redskaber. Under indtryk af en anden hollænder, Drenthe-guvernøren P. Hofstedes argumenter, mente Westendorp senere – i 1822 – at det ikke kunne gøres uden brug af løftestænger. Ved den lejlighed nævner han noget, han selv har set, nemlig hvorledes store sten ved hjælp af løftestænger rulles op på ladet af en vogn ad en skrånende rampe af granstammer. I 1853 udvikler en tredje hollænder, arkæologen L.F.J. Janssen, teorien ved at lade stenen blive trukket op ad rampen på træruller. Trærruller var dog allerede foreslået 140 år tidlige-

re af en fjerde hollænder, fysikeren J.H. Cohausen, men da blev de stadig håndteret af kæmper.

Disse hollandske ideer var ikke udviklet i komplet isolation, da deres ophavsmænd var i kontakt med forskere i andre lande. Således omtaler Westendorp i 1822, at "nordiske lærde" også er af den opfattelse, at der er benyttet jordramper.¹⁹ Rampeteorien var derfor kendt i Skandinavien før Westendorps omtale af den i 1815, og altså længe før Frederik 7. publicerede den.

Både Westendorp og Janssen henviser til, at i deres tid – altså i 1800-tallet – blev store sten trukket op ad jordramper ved bygningen af templer og andre imponerende bygninger i Peru. Der er fra anden side en beretning om, at katedralen i Cuzco, som blev opført i 1500- og 1600-tallet efter den spanske erobring i 1530'erne, blev bygget af Inka-arbejdere, som brugte jordramper.²⁰ Inkaerne var fremragende bygmestre og mestre i at bygge med store manglekantede sten, der kunne veje over 200 tons. Inkarigets storhedstid falder i perioden fra ca. 1300 e.Kr. og frem til den spanske erobring. Det er ganske pudsigt, at inkaernes byggeteknik kan have inspireret tidlige europæiske antikvarer til at forestille sig, at de store dæksten i stenalderen er trukket op ad jordramper.

I 1900-tallet har der – særligt i Tyskland, Holland og England – været en livlig debat om høj- og rampeteorierne, som er blevet videreudviklede, især rampeteorien. Højteorien er dog ikke blevet glemt, da den dukker op i 1942 og igen i 1984, hvor W.-D. Tempel mente, at dækstenen er lagt op på en høj af sand eller løftet op ved hjælp af et stillads, hvorefter bærestenene er sat ind.²¹ I 1996-97 foretog Clifford Osenton i Cotswold Hill Quarry nær Cheltenham i England en række eksperimenter, hvor han byggede tre dysser ved først at løfte dækstenene op og så sætte bærestenene ind bagefter.²² Osentons eksperiment viser, at højteorien er realistisk. En dansk dysse kan dog ikke med sine tætstillede bæresten være bygget på denne måde.²³

Ved nogle undersøgelser af danske høje med jættestuer er fundet skrå jordlag, der kan omfatte tynde humuslignende lag, som fører jævnt op til toppen af bærestenene. Disse fænomener er blevet tolket som spor af de formodede jordramper, som dækstenene blev trukket op ad ifølge Frederik 7.'s teori. I Danmark blev det første gang konstateret i 1955 ved undersøgelsen af Tustrup-jættestuen, derefter Lundehøj-jættestuen, Krag-næs-jættestuen, Jordehøj-jættestuen med skråt lag op til vandret platform og sidst jættestuen Kong Svends Høj i 1991.²⁴

Ved en undersøgelse i 1918 af højen til storstensgraven D40/Emmen i Holland mente A.E. van Giffen at have fundet en stenbrolagt vej, som dækstenene var trukket op ad. Imidlertid viser en efterundersøgelse i 1987, at stenlaget kan være fra jernalderen. Nogle hollandske arkæologer

er i det hele taget meget kritiske overfor jordrampeteorien ud fra nye undersøgelser i de hollandske jættestuehøje, som tidligere var undersøgt af van Giffen. I flere høje er nemlig påvist skrå humuslag, der ikke når op til bærestenenes top. I stedet foreslås det, at de skrå humuslag adskiller højfaser. Højene er altså ifølge denne teori ikke opført på én gang, men er "multi periods mounds", dvs. høje opført i to eller flere omgange.²⁵

De skrå, tynde humuslignende lag i de danske jættestuehøje er også lidt mystiske set i en konstruktionsmæssig sammenhæng. Hvis der virkelig er tale om vegetationslag, så kan de først være dannet efter nogen tid. Det vil betyde en længere stilstand i byggeriet. Men at opfatte disse striber som skel mellem højfaser afspejlende længere pauser i højbyggeriet virker ikke rimeligt. Disse høje synes med deres sindrige konstruktioner for bl.a. at lede vand uden om kammeret at være opført i én fortløbende arbejdsproces. Måske er der slet ikke tale om humuslag, men om lag farvet mørke ved udvaskning af metalsalte af nedstrømmende vand, som følger den skrånende overflade af et mere eller mindre vandafvisende jordlag.²⁶ Lagdannelse af denne slags er kendt fra ældre bronzealders storhøje, hvor en kemisk proces har dannet det beskyttende jernlag omkring egekisterne.²⁷

Man kunne være skeptisk overfor, om en rampe bestående af nyligt opgravet jord vil kunne bære vægten af de flere tons tunge sten, der skulle trækkes op ad rampen. Ville jorden ikke give efter? Tilhængere af jordrampeteorien mener, at der netop er taget hensyn til dette ved den ovennævnte stilstand i byggeriet, hvor jorden har kunnet sætte sig. Ventede man blot til det blev vinter, ville højoeverfladen være så hård på grund af frost, at dækstenene kunne trækkes op.²⁸ Men denne pause ville næppe have været tilstrækkelig lang til, at de formodede muldrag kunne dannes.

I 1983 blev der i Sverige foretaget et eksperiment, der bekræfter, at jordrampeteorien er realistisk. Eksperimentet foregik i Skånes Djurpark som led i projektet "Forntid i Nutid" under ledelse af Göran Burenhult (fig. 9).²⁹ I forbindelse med måling af arbejdskraft og arbejdsmetoder ved opførelsen af en kopi af en langdysse, blev en sten trukket op ad en jordrampe og anbragt som dæksten på et dyssekammer. Stenen, som vejede 6 tons, var monteret på en groft bygget træslæde. Jordrampen var forsynet med dobbelte rækker af langsgående træstammer. Rampen var meget lang og gik 8 meter uden for højen. Banens hældning blev dermed 5 grader over et stræk på 16 meter. Efter at otte mand med løftestænger havde hjulpet med at sætte trækket i gang, blev stenen med reb trukket op af 14 mand på bare 12 sekunder uden brug af ruller. En ren kraftpræstation, hvor hver mand næsten trak med 80% af en hestekraft.³⁰

I stedet for ramper af jord kan der også bruges ramper af tømmer. Et

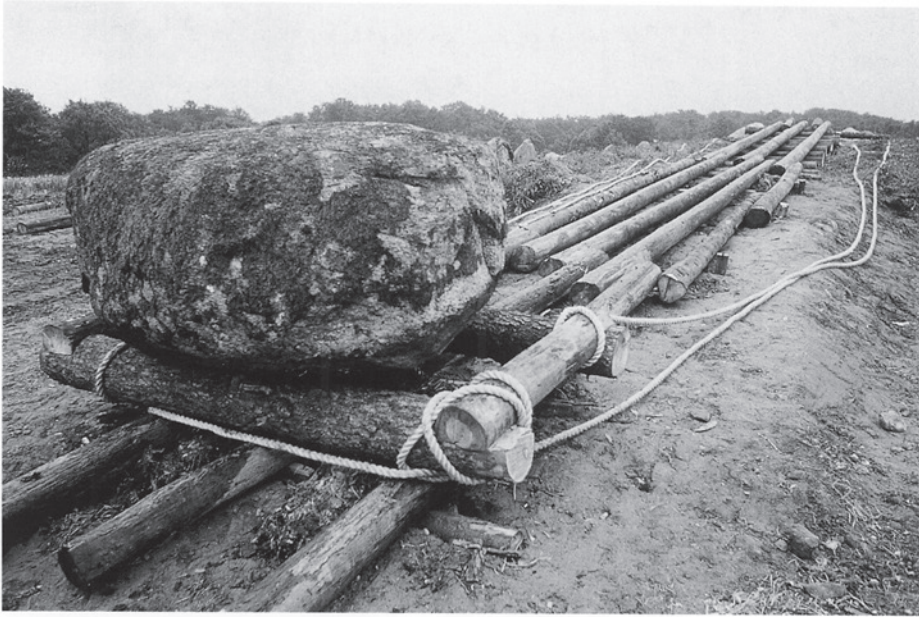


Fig. 9. Sidste fase af eksperimentet i 1983 i Skånes Djurpark. Den 6 tons tunge dæksten ligger på en træslæde parat til at blive trukket på plads hen over det udlagte tømmer til kammeret 16 meter væk. Det klarede 14 mand på 12 sekunder! – Foto: G. Burenhult.

Last phase of the experiment carried out in 1983 in Skåne Djurpark, Sweden. The 6-ton heavy capstone is lying on a sledge, ready for being pulled in place across the laid-out timber on top of the chamber 16 meters away. Fourteen men did the job in twelve seconds!

godt eksempel herpå er de moderne dyssebyggere på Sumba, endnu en lille ø i Indonesien. Den nedenfor omtalte begivenhed fandt sted i 1910 ved bygningen af en grav for en lokal leder, som var død året forinden.

Fra stenbruddet blev stenen, der var surret fast på en træslæde, trukket af sted til gravpladsen midt i landsbyen. Vel ankommet hertil blev stenen løsnet fra sin træslæde. Ved graven var der fire stenpiller, en i hvert hjørne. De var afstivet af et tømmerstillads. For at få dækstenen op og hvile på disse piller, var der lavet en kraftig rampe af træ, som slæden med stenen var trukket hen for enden af (figur 10). Trærampen bestod af parvis anbragte, nedgravede Y-formede træstolper, hvor tværgående tømmer var anbragt foroven i gafflerne. Herpå hvilede det langsgående, skrånende tømmer, som dannede rampens overflade. Ved hjælp af fire reb, der tilsammen blev betjent af 400 personer, blev stenen trukket op på plads. Træket foregik i korte ryk og uden brug af ruller. Konstruktionen af rampen og optrækningen og placeringen af stenen tog kun et par timer (fig. 11). Desværre er hverken størrelse eller vægt af stenen oplyst.³¹



Fig. 10. Ved denne stengrav på Sumba blev dækstenen også trukket op ad en rampe. Det skete i 1910. Foran rampen ses den tomme slæde, og oppe for enden af rampen ligger den optrukne sten. – Foto: Rouffaer. Efter Röder 1948.

In the case of this stone grave on the island of Sumba, the capstone was also pulled up a ramp. This took place in 1910. The stone is on top of the ramp, the empty sledge is at the bottom.

Hvis træramper af denne art har været anvendt til at trække dæksten op på de europæiske megalitgrave, så burde man ved arkæologiske undersøgelser opdage stolpehullerne efter de stolper, som har holdt rampen på plads. Det var et forhold, som allerede J. Röder gjorde opmærksom på i 1948 i sin spændende og banebrydende artikel "Bilder zum Megalithentransport". Indtil videre er sådanne stolpehuller ikke blevet fundet ved undersøgelsen af danske megalitgrave, men i Holland er der ved megalitgrave fundet stolpehuller, som er sat i forbindelse med træramper (fig. 12).³²

Vi vil senere i forbindelse med Stonehenge vende tilbage til træramperne og se, at de kan være ganske effektive. Men inden da skal endnu en teori omtales.



Fig. 11. Samme stengrav som på figur 10, men efter at næsten hele trærampen er fjernet. Forrest ses stadig lidt af rampens understel af træstolper. – Foto: Rouffaer. Efter Röder 1948.

The same stone grave as seen on fig. 10 after the ramp had been almost completely removed. Part of the ramp frame made from wooden posts, is still visible in front.

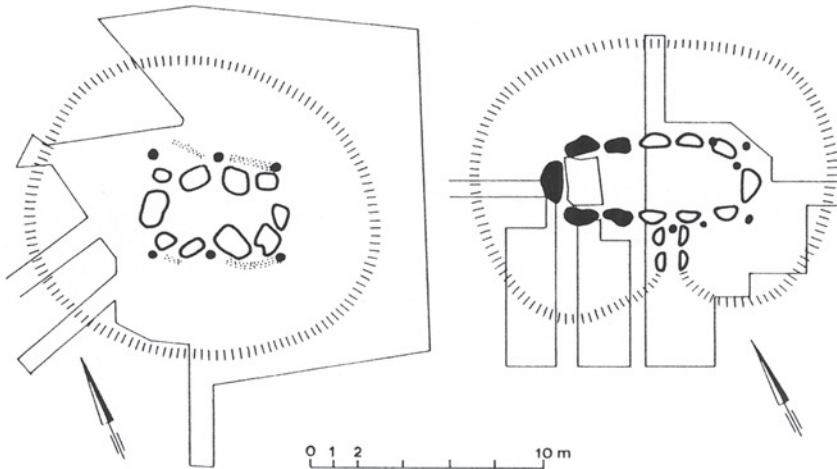


Fig. 12. Ved nogle hollandske megalitgrave er der fundet stolpehuller, der på tegningen er vist som små sorte prikker. Heri kan der have stået stolper til træramper, som dækstenene er trukket op ad. – Efter Bakker 1999.

Postholes, shown as small black dots on the drawing, have been found in connection with some Dutch megalith graves. They may have contained posts for wooden ramps used for pulling up the capstones.

Løftestænger og stilladser

Det drejer sig om stilladsteorien, der er velkendt mange steder i Europa, men stort set ukendt i Danmark.³³ Men som vi skal se, var stilladsmetoden i brug herhjemme indtil for omkring 100 år siden.

Stilladsmetoden er lige så enkel, som den er genial. Ved hjælp af en, to eller flere løftestænger vippes en ende af stenen op, og der skydes træ ind under den. Derefter vippes den modsatte ende, og der skydes nyt træ ind under, og sådan fortsættes der, indtil den ønskede højde er nået. Tømmeret lægges skiftevis lag for lag, så tømmeret i et lag ligger på tværs af tømmeret i det forrige lag. Stenen hæves så at sige opefter på et stadigt voksende stillads (fig. 13).

Første gang, jeg hørte om stilladsteorien, var i 1988. I et foredrag om dysser og jættestuer viste Sven Thorsen et foto taget i 1900 ved Vindysen i Vestsjælland (fig. 14). På billedet ses, hvordan en stor sten på 8 tons løftes op på en blokvogn ved enkle midler: Fire mand ved et par løftestænger og en formand til at lægge træstykker ind i de hulrum, som opstår, når stenens ene ende vippes. Stenen blev kørt væk og opstillet ved kapellet til det nærliggende gods, Torbenfeld.

For over 100 år siden – i 1897 – foreslog Sophus Müller, at denne metode kan have været brugt i forbindelse med bygningen af megalitgravene:



Fig. 13. En 1,7 tons tung sten hæves på et stillads af tømmer ved hjælp af en løftestang. Det fandt sted i det megalitiske forsøgscenter CAIRN i Frankrig i 1993. – Foto: B. Poissonier. Efter Bailoud m.fl. 1995.

A stone weighing 1.7 metric tons is being lifted on a timber scaffold using a lever. This took place at the megalithic research center of CAIRN in France in 1993.

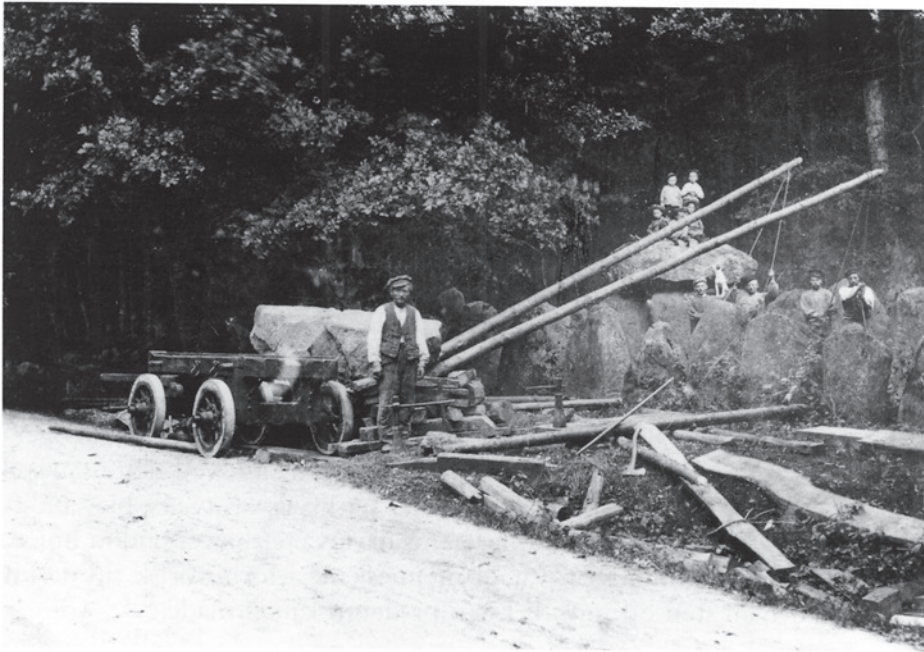


Fig. 14. Med enkle midler, et par løftestænger og træstykker, fire arbejdere og en formand hæves en 8 tons tung sten op på blokvognen. Det skete i 1900 ved Vindyssen i Vestsjælland.
- Efter Eriksen 1990.

Using simple means, a couple of levers and pieces of wood, four workers and a foreman are raising an 8-tons heavy stone onto a flatbed truck. This happened in 1900 at the Vindyssen dolmen in Western Zealand.

“Man kan have hævet Dækstenen ved hjælp af en Løftestang, idet der efterhaanden blev skudt mindre Sten ind som Underlag for Stangen, indtil der var dannet en Dynge i Høide med Sidestenene; saaledes stod det kun tilbage at skyde Dækket ud over dem. Paa denne maade har Nationalmuseet ladet lægge mange i ældre Tider afvæltede Overliggere tilbage på deres oprindelige Plads. To Mand ved Løftestangen og een til efterhaanden at indskyde de mindre Stene, som skulle danne Underlaget, have besørget hele Arbeidet”.³⁴

Men tilbage til dyssekammeret. Hvad med højen omkring kammeret? Ville højen ikke være i vejen for stilladset? Nej, det er ikke tilfældet, da mange dyssekamre – måske alle! – først er omgivet af høj længe efter, at dækstenene var lagt op. Dette bekræftes også af, at dysserne oprindeligt – nogle er det stadig – var åbne dysser, dvs. der var ingen høj, kun kammer og eventuelt randsten (fig. 1).³⁵ Derimod forholder det sig – som nævnt tidligere – anderledes med de danske jættestuer, hvis tilhørende høje synes opført umiddelbart i forbindelse med bygningen af jættestuerne. Men man kunne godt forestille sig, at en jættestues kammer er byg-

get trin for trin, eller snarere trilit for trilit, idet en trilit er et par modstillede bæresten med tilhørende overligger. Dækstenene er i så fald kommet på plads enten ved hjælp af stilladser eller træramper, og inden jordhøjen er opført.³⁶

I 1979 blev der i Bougon i Frankrig under ledelse af Jean-Pierre Mohen foretaget et eksperiment, hvor stilladsmetodens effektivitet til løftning af særlig store sten blev demonstreret (fig. 15). Den 32 tons tunge blok, som blev hævet, var en kopi i beton og polystyrèn af en dæksten til det megalitiske kammer F.2 ved Bougon. Der blev brugt tre 10 meter lange løftestænger, som hver blev betjent af tyve personer, så i alt 60 personer arbejdede med løftestængerne. Løftestængerne blev sat op under en af de korte sider af blokken, og så blev den ene side af stenen vippet omkring 50 cm op. Tømmer blev skudt ind under stenen, hvorefter løftestængerne blev brugt på den samme måde fra den anden side. Ved dette samspil mellem løftestænger og indskudt tømmer på kryds og tværs, blev blokken hævet en meter, og den kunne nemt have været hævet endnu højere op. J.-P. Mohens konklusion var, at menneskene i forhistorisk tid derfor kunne hæve en sten op som dæksten på denne enkle måde.³⁷



Fig. 15. Situation fra eksperimentet i 1979 i Bougon. Ved hjælp af løftestænger og ved at indskyde stykker af træstammer blev den 32 tons tunge blok nemt hævet op. Det meget tovværk omkring stenen stammer fra transporten af den. – Foto: J.-P. Mohen.

The 1979-experiment in Bougon: using levers and pushing in pieces of wooden stems, the 32-ton heavy block was easily raised. The many ropes around the stone were used during the transportation.

Hvert løft er med en hævnning af stenen på en halv meter overraskende højt. Det vellykkede eksperiment understreger, at løftestænger i kombination med indskudt tømmer er velegnede ved hævnning af dæksten. Der behøvedes langt færre mennesker til at løfte stenen, end de 170-230 personer, som forinden havde trukket den af sted ved hjælp af reb og ruller, hjulpet af 20 personer, der arbejdede bag stenen med korte løftestænger. Et lille uheld i Bougon-eksperimentet viser, at det ikke var nødvendigt med så mange mennesker for at hæve stenen. Da den 32 tons tunge blok blev trukket af sted henover terrænet på træruller, knækkede en af dem. Den ødelagte rulle blev udskiftet ved, at 20 mænd ved hjælp af en løftestang hævdede stenen.

Ved et eksperiment i 1994 i Ramioul i Belgien blev den samme metode brugt uden besvær ved hævnningen af en 11 tons dæksten på en nybygget stor stengrav, en såkaldt "allée, couverte".³⁸

I Cotswold Hill Quarry foretog C. Osenton i 1996-97 et ganske interessant og overraskende eksperiment. Der blev som nævnt tidligere bygget tre kopier af dysser, hver med en dæksten på 5 tons. Dækstenene blev hævet af to personer, hvor den ene brugte en 3,5 meter lang løftestang af træ, mens den anden skød tømmer ind i det opståede mellemrum mellem underlag og sten. Stenene blev hævet 1 meter – af bare én mand med en løftestang og en hjælper!³⁹

Efter disse eksempler på brug af løftestænger er tiden nu kommet til at se lidt nøjere på dette enkle hjælpemiddel. Det er den græske filosof, Archimedes (287-212 f.Kr.), som fastlagde princippet for løftestænger efter reglen om vægtstænger. Vægtstangsreglen siger, at en vægtstang er i ligevægt, når produktet af kraften og dens arm er det samme på begge sider af vippepunktet. Om de store kraftoverførelser, som kan udløses herved, sagde Archimedes: "Giv mig et sted at stå, og jeg skal bevæge Jorden". Hvis for eksempel den lange arm, som der trækkes i, er 20 gange længere end den korte arm, så vil kraften, der trækkes med, blive øget 20 gange. Trækker en mand med en kraft, der svarer til 50 kg, så vil han påvirke stenen med en kraft, der svarer til 1000 kg, svarende til 1 ton!⁴⁰ Da enden af den lange løftestang ofte er højt oppe i luften, er der bundet reb i den til at trække i (fig. 14). Store og tunge løftestænger i form af lange og tykke træstammer er ingen hindring, når de først er anbragt. Den ende af løftestangen, som er under stenen, kan være mere eller mindre spidset til, så stangen har et "godt greb" i stenen. Til opklodsning af stenen kan der bruges tømmer, mindre stykker træ eller sten, som dog er mindre velegnet. Ved fortsat at hæve med løftestængerne og skyde tømmer ind kan en sten hurtigt hæves højt af relativt få mennesker.

Den matematiske formel for løftestænger er såre enkel: $K1 \times L1 = K2 \times L2$, hvor $L1$ og $L2$ er længden af henholdsvis den lange og den korte arm af løftestangen. $L1$ og $L2$ er adskilt af vippepunktet, tilsammen udgør de

hele løftestangens længde. K1 er den kraft, der trækkes med, mens K2 er den kraft som i forbindelse med den korte arm påvirker stenen. Forholdet mellem den korte og lange arm kalder vi vippeforholdet. Ved normal brug af løftestænger hviler der altid en kant af stenen på underlaget, så det er ikke stenens totale vægt, der løftes, men knap halvdelen af den ved regelmæssige, symmetriske sten. K2's minimale størrelse for at løfte stenen er derfor det halve af stenens vægt, såfremt stenen er absolut symmetrisk som for eksempel en mursten i overstørrelse. Enkelte sten er meget regelmæssige, især de som er brudt i stenbrud, men de fleste er ret usymmetriske, så derfor vil vi i de følgende beregninger sætte K2 til 60% af stenens vægt.

Ved eksperimentet i Cotswold Hill Quarry blev der brugt en løftestang med et vippeforhold 1:100 til at hæve en 5 tons stor sten. Det svarer til, at der skal trækkes med en kraft på 30 kg – en ganske overkommelig opgave! Det er altså muligt for en mand – også i teorien! Ved hævningsen af den 8 tons tunge sten i Vinskoven var der to løftestænger og fire mand til at betjene dem. Hvis vi antager, at de hver trak med 50 kg, så var vippeforholdet mindst 1:24. I Bougon løftede 60 mand den 32 tons tunge stenblok. Sætter vi vippeforholdet til 1:10, så har de hver især trukket med mindst 32 kg. Men blot 20 personer løftede den samme blok, da en ødelagt rulle skulle udskiftes. Det kunne de nemt gøre, hvis de hver især trak med 50 kg og vippeforholdet var 1:20. Den kæmpemæssige dæksten i den spanske jættestue Cueva de Menga vejer 180 tons.⁴¹ Stenen har kunnet hæves af blot 72 mænd, når de hver trak med 50 kg og vippeforholdet var 1:30. Ved alle eksempler har der selvfølgelig været flere med, idet der under løftet skal skydes tømmer ind.

Herefter er det ikke vanskeligt at forestille sig, hvordan en dæksten kan være lagt op på bærestenene til et dyssekammer. Først er bærestenene rejst. Kammeret er derefter afstivet indvendigt med tømmer. Tæt op ad kammeret hæves dækstenen op ved hjælp af løftestænger, og der skydes tømmer ind under stenen. Således fortsættes der med det ene lag tømmer i en retning, afløst af det næste lag tømmer lagt på tværs af det forrige lag (fig. 13). Når dækstenen, som hviler på stilladset, er kommet op i højde med bærestenene, skal den ind og ligge på kammerets bæresten. Det kan være gjort ved, at den fra kammeret fjerneste ende af dækstenen blev løftet op, så dækstenen så at sige ved egen kraft gled ind over kammeret, godt hjulpet af løftestænger og eventuelt træk i reb.

Det kan også være foregået på en anden måde, nemlig ved at stenen på træruller er blevet rullet ind over kammeret ved hjælp af håndtag. Ved denne metode har de træruller, som stenen hviler på, nær deres ender bo-rede huller, hvori der kan stikkes træstokke vinkelret på rullerne ligesom eger i et hjul. Træstokkene fungerer som håndtag. Når man drejer på stokkene, drejer man de pågældende ruller, og stenen ruller med. Denne

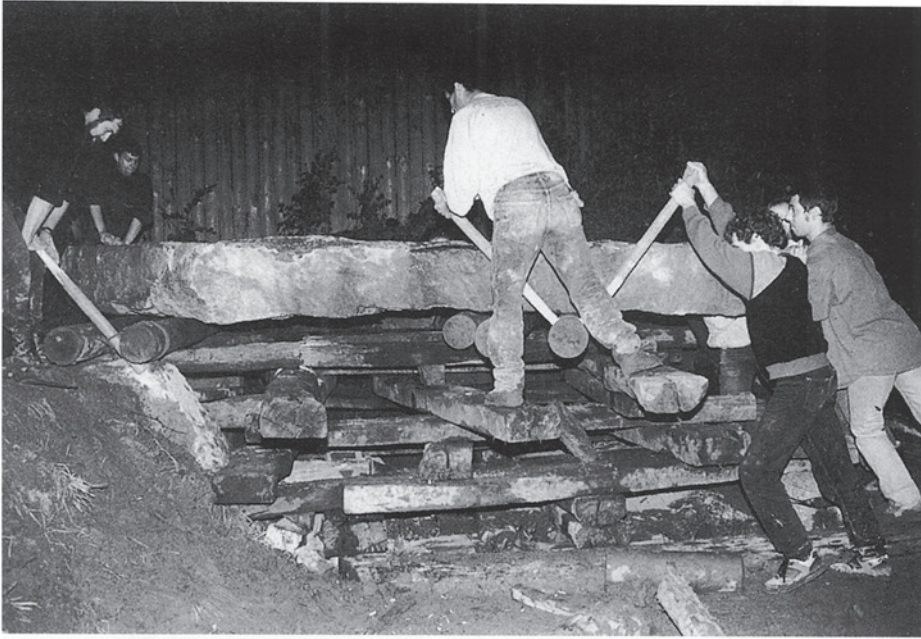


Fig. 16. I 1994 blev der i Ramioul opført en kopi af en stengrav. Dækstenen blev hævet op ved hjælp af løftestænger og stillads. Stenen blev derefter rullet ind over kammeret ved, at man drejede på træstokke, som var stukket i borede huller i trærullerne under stenen. – Foto: M. Toussaint. Efter Poissonnier og Collin 1994.

A replica of a stone grave was constructed in Ramioul in 1994. The capstone was rolled in place on top of the chamber by turning the wooden sticks, which had been fastened in holes drilled into the wooden rolls under the stone.

interessante teknik blev første gang demonstreret eksperimentelt i 1994 af B. Poissonnier og F. Collin ved det tidligere omtalte projekt i Ramioul i Belgien (fig. 16). De lod sig inspirere af franske stenhuggere, der i stenbrud har flyttet 2 tons tunge stenblokke på denne måde.

Vi skal i næste afsnit om Stonehenge se en tredje metode, hvor selv meget store sten nemt har kunnet trækkes det sidste stykke ind over kammeret.

Stonehenge

For udviklingen af teorier om, hvordan dækstenene kan være lagt op, har det berømte Stonehenge på Salisbury Plain i Sydengland spillet en helt særlig rolle (fig. 17). Stonehenge har en lang bygningshistorie, der begynder omkring 3100 f.Kr., men først i sen yngre stenalder omkring 2400 f.Kr. var alle de store sten af sarsen opstillet.⁴² Den midterste del af anlægget bestod da af en kreds med 30 opretstående sten med en højde på

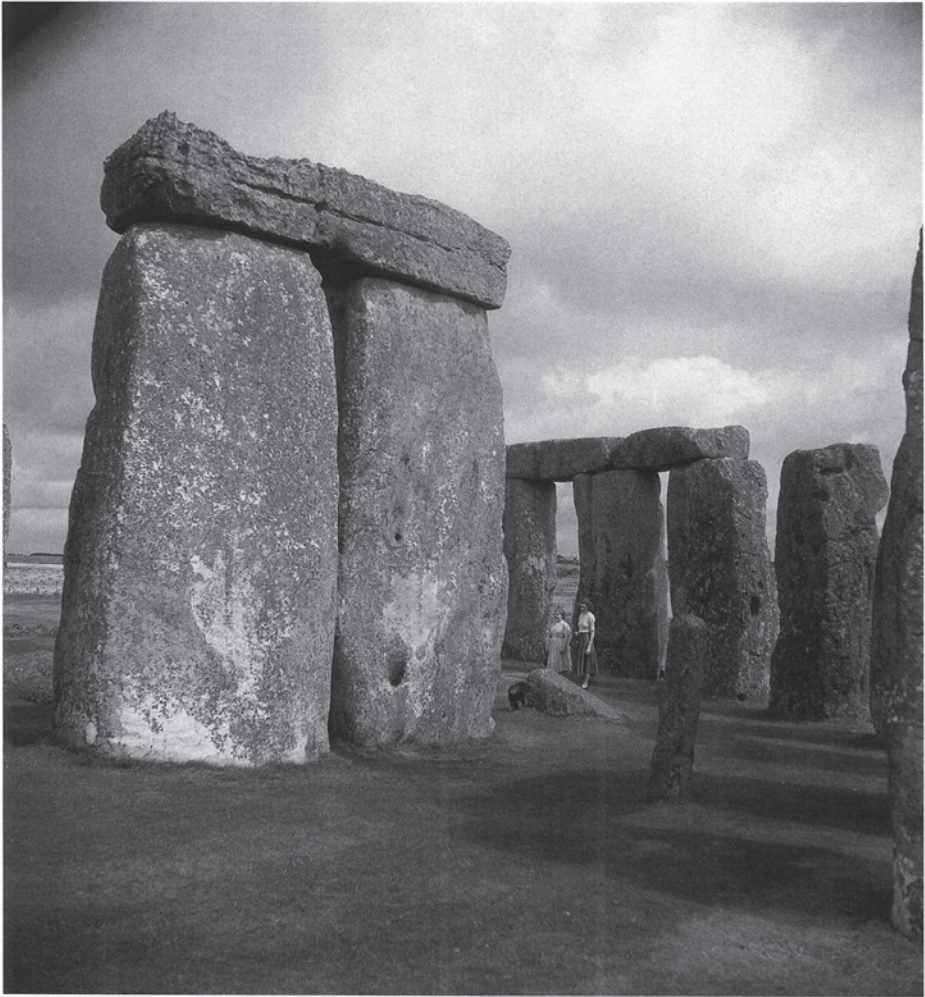


Fig. 17. I Stonehenge ligger overliggerne usædvanligt højt. I forgrunden ses en trilithon hørende til hesteskoen, mens stenene i baggrunden hører til den store kreds af sarsen sten. – Foto: P.V. Glob. Moesgård Museum.

At Stonehenge, the lintels have been placed at an unusually high level. In front is a trilithon belonging to the horseshoe, whereas the stones at the back belong to the large circle of sarsen stones.

4,3 meter. Oven på denne stenkreds, som har et tværmål på 30 meter, blev som overligger lagt en kreds af tætliggende sten, der hver vejer 7 tons. Inde i stencirklen blev der opstillet nogle endnu større sten i form af fem stenpar med hver sin overligger. Et stenpar med overligger kaldes for en trilithon (= tre sten). De fem trilithons er arrangeret i en "hestesko". Ved den største trilithon har den nu nedfaldne $16\frac{1}{2}$ tons tunge overligger været anbragt 7 meter over jorden. Alle disse store sten er af en gullig, hård sandsten, som kaldes sarsen. Ved siden af dem findes en mængde

mindre sten, som hedder bluestones på grund af deres svagt blågrå farve.

Overliggerne både i stenkredsen og hesteskoen adskiller sig teknisk fra traditionelle dæksten på flere måder, bl.a. ved blot at hvile på to sten og ved deres usædvanlige høje placering. Sammenlignet med megalitgravenes dæksten hører Stonehenges overliggere dog til i den lette ende af vægtskalaen.

I 1300-tallet forestillede man sig, at det var kæmpen Merlin, som havde lagt de store sten op i Stonehenge efter at have hentet dem i Irland (fig. 18), men i det følgende skal vi kigge på nogle nyere og mindre overnaturlige forslag og eksperimenter.

Et af de første, mere realistiske, forslag blev fremsat af ingeniøren E.H. Stone i 1924. Omkring et par bæresten blev opført en jordhøj, så stenedes top lige stak op midt på højens top. Stenen blev så ved hjælp af reb trukket op ad højens skråning. Vel ankommet til toppen af højen, som var så stor, at der var plads til en platform foroven, blev den endelige placering af overliggeren foretaget ved hjælp af løftestænger. Forslaget, som hører til rampeteorien, er velillustreret med modelfotos.⁴³ I mange år har Stones teori nærmest været glemt, da den ret hurtigt blev overhalet af en anden teori, men i 1994 blev Stones teori trukket frem igen af M. Whitby til et eksperiment, som vi senere skal høre om. Ud over jordrampen var det nye og brugbare i Stones forslag den store arbejdsplatform foroven, hvor det var muligt at foretage en finjustering af overliggerens placering ved hjælp af løftestænger.



Fig. 18. Sagnskikkelsen og kæmpen Merlin lægger uden besvær en af Stonehenges overliggere på plads, mens mere almindelige dødelige ser til. Kopi af illustration i middelalderligt engelsk manuskript fra 1300-tallet. – Efter Chippindale 1996.

With effortless ease, the legendary figure and giant Merlin is placing one of the Stonehenge lintels while ordinary mortals are watching. A copy of an illustration in a medieval English manuscript from the 14th century.

Stones forslag forudsatte en stor jordhøj omkring de to aktuelle bæresten. Imidlertid er dette en meget tidskrævende og besværlig metode, da der kræves mængder af jord, som skal dynges sammen og fjernes igen ved hvert par bæresten. Oberst R.H. Cunnington foreslog derfor i 1935 en helt anden metode, der gik ud på, at stenene kunne være hævet med løftestænger og blokket op på et stadigt voksende stillads af tømmer på kryds og tværs.⁴⁴ Cunningtons ide blev taget op og udviklet af G.A. Gauld. Han havde som ingeniør kendskab til at løfte tunge ting med primitive midler (fig. 19). Først flyttes stenen, så den ligger på jorden tæt ved og parallelt med basis af bærestenene. Hver ende af stenen løftes så skiftevis op med løftestænger og understøttes midlertidigt af tømmer på kryds og tværs. Så bygges et stillads af tværgående tømmer rundt om stenen og bærestenene og dækkes over med kraftige planker lige under stenens underkant. Nu overføres stenens tyngde ved hjælp af løftestængerne fra den gamle pakning af tømmer til en ny pakning, som hviler på dækket. Derefter gentages processen trin efter trin, og for hvert trin bliver stenen hævet 60 cm. Til sidst vil det øverste dæk med stenen være i niveau med toppen af bærestenen. Ved brug af løftestængerne vippes stenen sidelæns og placeres endeligt. Herefter kan stilladset nemt pilles ned og bruges ved den næste sten, som skal lægges op. Eksperimentiel hævnings af sten på denne måde for at illustrere, hvordan Stonehenges sten er kommet op, er ikke blot spekulativ teori. Metoden blev brugt af moderne engelske ingeniører i kolonierne, når for eksempel tunge maskiner skulle placeres på et fundament, og der ikke var mulighed for at bruge kran eller anden maskinkraft.⁴⁵

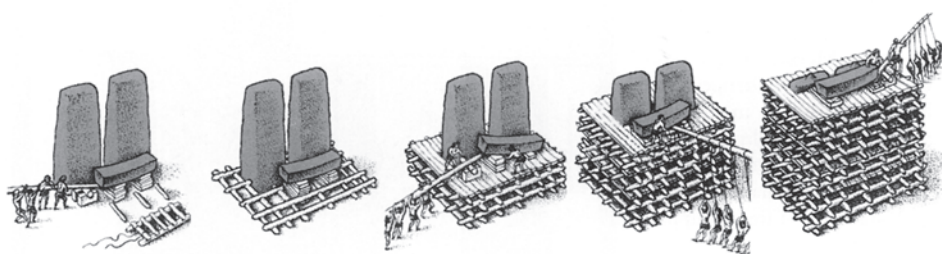


Fig. 19. Et kompliceret stillads kan have været brugt til at hæve overliggerne i Stonehenge. På den første situation til venstre ses i forgrunden slæden, som har været brugt til transporten af stenen. Metoden er realistisk nok, men kan ikke bevises, da den ikke efterlader sig spor. – Efter Atkinson 1987.

A complicated scaffold may have been used to raise the lintels at Stonehenge. On the first situation, to the left, the sledge used for transporting the stone is seen in the front. This method is realistic, but whether it was actually used cannot be proved, as it would have left no traces.

Stilladset i Stonehenge omslutter bærestenene og kan derfor kaldes for et kompliceret stillads. Fordelene ved det er stabiliteten og arbejdspladsen foroven, hvor overliggerens placering kan justeres. Teorien om det komplicerede stillads var et klart fremskridt i forhold til Stones forslag. Og det er også i dag den gængse teori til at forklare den høje oplægning af overliggerne i Stonehenge.

Trods alt er det komplicerede stillads en omstændelig metode "med seiler og livrem". I det følgende skal vi se på en anden og meget enkel metode, hvor blot 10 mand forsynet med et par løftestænger, reb og som eneste tømmer én tynd kort og to par lange kraftige egestammer, hæver en kopi af en Stonehenge sten.

Ved den lille by Strakonice i det sydlige Bøhmen i Tjekkiet blev i 1991 udført et meget vellykket og tankevækkende eksperiment. På enkel vis blev demonstreret, hvordan overliggerne i Stonehenge kan være blevet anbragt. Bag eksperimentet stod ingeniøren P. Pavel.⁴⁶

En kopi i knapt fuld størrelse af et par Stonehenge-bæresten i sarsenkredsen blev sat op. Toppen af dem var 3,9 meter over jorden. Vægten af overliggeren, som skulle op, var 5 tons. To 10 meter lange egestammer med en gennemsnitlig tykkelse på 40 cm blev lagt op mod bærestenene (fig. 20). Træstammerne, der var forbundne foroven, dannede den rampe, som stenen skulle trækkes op ad. Selve trækket foregik med løftestænger og 3 cm tykke reb, der blev anbragt som vist på tegningen. Ved selve forsøget var der dog to reb ved hver sin side af stenen, så trækket i de en-

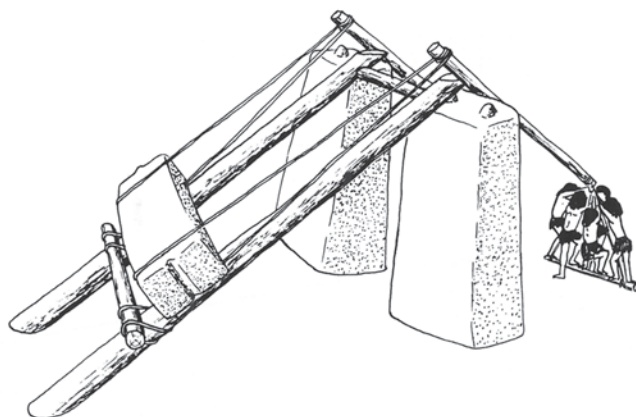


Fig. 20. Ved et eksperiment i Tjekkiet i 1991 demonstrerede P. Pavel på overraskende vis, hvordan en overligger i Stonehenge kan være trukket op ad en enkel trærampe ved sindrig brug af løftestænger. – Efter Pavel 1992.

In an experiment carried out in the Czech Republic in 1991, P. Pavel demonstrated in a surprising way how, combined with an ingenious use of levers, a large lintel in Stonehenge could have been pulled up a simple wooden frame.

kelte reb blev formindsket. Løftestængerne var af gran, $4\frac{1}{2}$ m lange og 25 cm tykke. De to skråstillede egestammer var afbarkede, og deres overflade fedtet ind. Ved hjælp af løftestængerne, som rebene var bundet til, blev stenen i ryk på 30 cm trukket op ad rampen. For at forhindre stenen i at glide tilbage var der bag den en bremse i form af et træstykke, der var fæstnet til de to skrå stammer. "Bremsstangen" blev hele tiden flyttet med op. I løbet af tre dage blev stenen trukket op. Det var kun nødvendigt med 10 mand, heraf de syv mand ved én løftestang, en mand ovenpå hver bæresten, og den sidste mand flyttede bremsstangen. Hvis der havde været to arbejdsgrupper med hver sin løftestang, kunne arbejdet have været gjort meget hurtigere.

Pavels interessante eksperiment hører til rampeteorien. Det kombinerer på elegant og genial vis trærampe med løftestænger brugt på en usædvanlig måde. Pavels metode er et klart alternativ til det tids- og tømmerkrævende komplicerede stillads.

I 1994 blev nær Stonehenge foretaget eksperimenter under ledelse af ingeniøren M. Whitby, hvor det blev demonstreret, hvordan bæresten og overliggere i Stonehenge kan være transporteret, rejst og lagt op.⁴⁷ Vi har

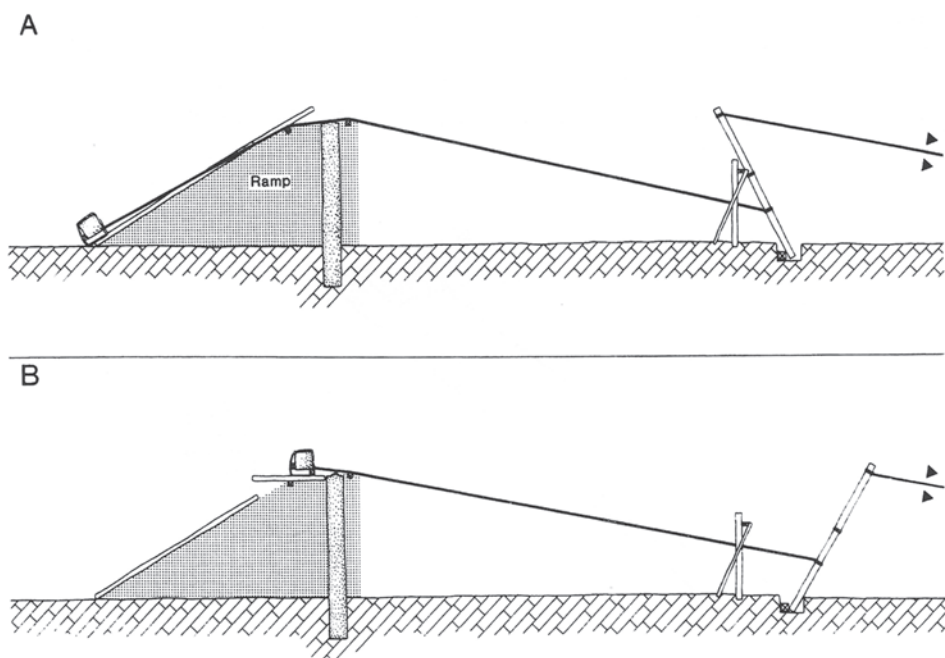


Fig. 21. I 1994 viste M. Whitby ved et eksperiment, hvordan en stor overligger i Stonehenge kan være trukket op ad en rampe ved hjælp af en A-ramme, jvf. fig. 22. – Efter Richards og Whitby 1997.

In an experiment in 1994, M. Whitby showed how a large lintel in Stonehenge could have been pulled up a ramp using an A-frame, cf. fig. 22.

allerede omtalt flytningen af en 40 tons tung betonblok. Senere i eksperimentet blev der rejst en kopi af et par bæresten til en trilithon, hvor så – som prikken over i-et – en overligger i beton på 10 tons skulle op i 7 meters højde! Først blev overliggeren hævet ved hjælp af stilladsmetoden. Ved hvert løft blev blokken hævet 15 cm. Da man kunne forudse, at den let kunne lægges op, blev forsøget desværre indstillet for at prøve at trække den op ad en rampe. Det havde ellers været interessant at se forsøget ført helt igennem, til blokken lå på plads på de to bæresten. Stilladset var ikke et kompliceret, men et ganske almindeligt stillads. En beregning i forbindelse med forsøget viser, at der til et tilstrækkeligt stort stillads med en længde på 9 meter, en bredde på 3 meter og en højde på 6 meter, skal bruges 2600 meter tømmer med en tykkelse på 25 cm.

Whitbys rampe var konstrueret af et stålstillads, som skulle gøre det ud for en jordrampe ligesom den, Stone havde foreslået i 1924.⁴⁸ På rampen, som hældede 30 grader, var lagt tre langsgående rækker af tømmer, som stenen på en træslæde blev trukket sidelæns op ad ved hjælp af træk i reb (fig. 21). Det blev gjort på 3 timer af 90 personer. Rampens overflade var ikke fedtet ind for at nedsætte gnidningsmodstanden. Trækket med reb foregik uden problemer via en løftestang i form af en lodret A-formet træramme, svarende til en metode, som E.H. Stone også havde foreslået i 1924 (fig. 22).⁴⁹ Men hvor Stone brugte metoden teoretisk til at vise, hvordan de store bæresten kan være rejst, så var nyheden i Whitbys eksperiment, at det foregik i praksis samt, at det gjaldt optrækningen af en overligger. Som en lille, men vigtig finesse, var slæbesporet tømmer adskilt nær toppen af rampen, så den øverste del af tømmeret vippede med, når stenen nåede helt op (fig. 21).

Eksperimentet er meget relevant med hensyn til, hvordan de store sten kom op at ligge som dæksten på megalitgravene. Whitby-Stones metode er velegnet både til at trække stenene op og ind over kamrene til deres

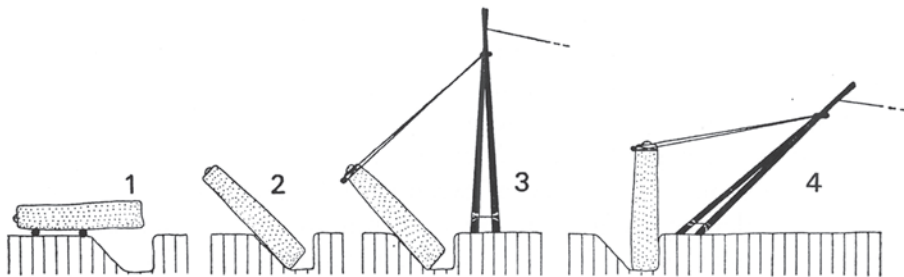


Fig. 22. I 1924 foreslog E.H. Stone, at stenene i Stonehenge kan være rejst ved brug af en A-ramme af træ. Den virker som en løftestang, hvor vippepunktet er jordoverfladen. – Efter Coles 1975.

In 1924, E.H. Stone suggested that the stones in Stonehenge might have been raised using a wooden A-frame. It works as a lever, the pivotal point of which is the ground surface.

endelige placering, hvor den sidste finjustering så kan foretages med almindelige løftestænger.

Hvis A-rammer har været brugt til at trække megalitgravens dæksten op med, så kunne deres to ben have afsat mærker i jorden. I så fald burde sporene kunne findes i form af to tætliggende stolpehuller udenfor og måske i nogen afstand fra kamret. Det er måske nemmere at forstå ved at se på figur 21: Læg mærke til den store afstand mellem A-rammen og bærestenen.

I en analyse af eksperimenterne med henholdsvis stillads og rampe konkluderer M. Whitby og hans arkæologiske kollega J. Richards: "Der bruges meget tid på at konstruere rampen, men når den først er færdig, så kan overliggøren hurtigt trækkes op, måske på en enkelt dag af 90 mennesker. Modsat er der ikke meget forberedelse med stilladset, når først tømmeret er der, men det er en langsommere proces, hvor 20 mand er en dag om at hæve dækstenen 1 meter".⁵⁰

Enten – eller. Rampe eller stillads? Jordrampens virkelig store ulempe, målt med hensyn til tid og energi, er, at det ville have taget lang tid – endog meget lang tid – først at opføre den og så fjerne den. Det er lettere og hurtigere at bruge Pavels trærampe ved at forstærke og underbygge den med tømmer, og så trække stenen op enten ved Pavels metode eller ved brug af en A-ramme.⁵¹

Endelig er der også stilladsmetoden, som er en oplagt mulighed, og som Richards og Whitby var meget tilfredse med. Men mange forskere har, som vi skal se i det følgende afsnit, stirret sig blinde på ramper og vil ikke vide af stilladser.

Den store pyramide

Det eneste bevarede af den gamle verdens syv underværker er Cheops pyramide ved Giza nær Cairo. Pyramiden, som er opført for faroen Cheops, der døde ca. 2580 f.Kr., er et imponerende monument. Højden var oprindeligt 146½ meter, og de fire sider målte hver 230 meter!

Pyramiden er omhyggeligt sammenføjet af 2.300.000 blokke af udhugne kalksten. Stenene, som er kasseformede, er overvejende omkring 1 m³ store med en vægt på 2½ tons. Men der findes også meget større sten, helt op til 50 tons ved bunden af pyramiden, ligesom der i den øverste del af pyramiden er mange sten, der vejer mindre end gennemsnittet.

Ægyptens pyramider er blandt de oldtidsminder, som har fascineret menneskene mest, og som der er skrevet flest bøger og artikler om. Her vil vi udelukkende koncentrere os om, hvordan de mange sten kan være kommet på plads. Forslagene herom er utallige, og de kan opdeles i to kategorier: ramper og hævning med løftestænger trin for trin. Det sidste

forslag kunne også kaldes for stilladsmetoden, så dilemmaet er det efterhånden velkendte: Ramper contra stilladser.

En af de førende pyramideforskere, amerikaneren Mark Lehner, deltog i 1996 i et vigtigt eksperiment i Ægypten, hvor man byggede en lille, blot 6 meter høj pyramide. Formålet var "at teste nogle af de løbende teorier fremsat af skrivebordspyramidebyggere og afprøve gamle teknikker på så autentisk vis som muligt".⁵²

Året efter udkom Lehnens bog "The Complete Pyramids", som i 1998 blev udgivet på dansk under titlen "Egyptens pyramider". I bogen gør Lehner sig til en varm fortaler for rampeteorien. Der er nemlig fundet ramper ved nogle af de mindre, ufærdige ægyptiske pyramider, ligesom holdet bag eksperimentet med succes benyttede denne metode. De fundne ramper er dog meget små, et foto viser en rampe, som næppe er over 2 meter høj. En anden ufærdig pyramide er blot 7 meter høj, og her fandtes ramper på alle fire sider.⁵³ Ramperne er opført af skærver af kalksten, gips, sand og ler, alt sammen materialer der var rigeligt af.

Det synes ret oplagt at benytte ramper til optrækningen af byggestenene ved opførelsen af små pyramider eller ved den nederste del af de store pyramider. Problemet med ramperne opstår ved de store pyramider, når byggeriet vokser i højden, så rampen enten bliver meget stejl eller meget lang – eller begge dele! I alle tilfælde kræver ramperne store mængder af fyld, og de skal kontinuerligt forhøjes under byggeriet. Og sikkert også forlænges, hvis man vil undgå meget stejle ramper.

Der er fremsat mængder af forslag til, hvordan ramperne har set ud, og deres form betegnes af Lehner som et vedvarende mysterium (fig. 23). Der er hovedsagligt to hovedformer, enten snor rampen sig som en spiral op ad siderne, eller også er der én meget lang rampe. Når man nærmer sig den allerøverste del – de sidste par skifter – af en stor pyramide, så indrømmer Lehner dog, at det må have været nemmere at lægge de allersidste sten op ved hjælp af løftestænger.

I eksperimentet med bygningen af den lille pyramide blev stilladsmetoden også afprøvet. Det foregik ved, at man med løftestænger og indskudt tømmer hævede en 2 tons tung sten op. Forsøget faldt uheldigt ud, fordi man lavede elementære fejl, da man ikke var fortrolig med løft af sten på denne måde. I stedet for ét ordentligt stykke tømmer blev der for eksempel lagt fire brædder ovenpå hinanden, når der skulle skydes træ ind ved stenens hævnning. Det viste sig selvfølgelig at være meget ustabil. Samtidig mener Lehner, at stenene kun kan løftes hensigtsmæssigt, hvis der er hugget hak i dem forneden, så løftestængerne kan få fat. Og det er der som bekendt ikke i de rigtige pyramidesten. Endvidere henvises der til, at der ikke fandtes så meget træ i det gamle Ægypten! Metoden afvises derfor til fordel for ramperne. Hverken denne del af forsøget eller argumenterne kan man tage alvorligt.

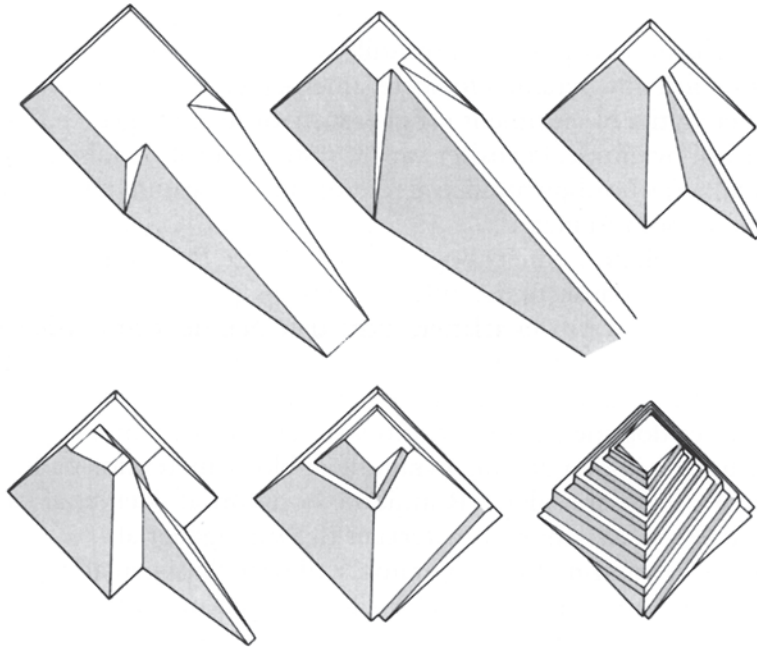


Fig. 23. Forslag til ramper, der kan være brugt ved bygning af pyramider. – Efter Lehner 1998.
Possible ramp types used for pyramid building.

For lad os se lidt nærmere på fordelene ved stilladsmetoden, når det gælder pyramidebyggeri. En pyramide er opbygget lag for lag eller snarere skift for skift, så der er – før den til sidst forsynes med beklædningssten – så at sige én stor trappe op ad den på alle fire sider. Disse trin kan under byggeriet have været bredere, eller der kan have været anlagt specielle trapper. Det vil da være ganske enkelt med løftestænger og tømmer at hæve de forholdsvis små sten på 2½ tons eller endnu lettere sten op ad trinene. På hvert trin kan der stå et nyt arbejdshold og løfte stenen videre. Stenen rulles så at sige op ad pyramidens trappeside, og skulle den helt op på toppen af Cheops-pyramiden, skulle den passere omkring 210 trin og tilbagelægge et stræk på 187 meter.

Der er mange fordele ved denne metode: Flere hold kan arbejde med flere sten på hvert trin, arbejdet med løftestængerne er ikke særligt hårdt i forhold til at trække stenene op ad stejle ramper, arbejderne kan hele tiden koncentrere sig om at løfte sten op og skal ikke traske ned ad en lang rampe med en tom slæde for at hente en ny sten, og der skal ikke bygges og nedtages ramper. Endnu flere fordele ved stilladsmetoden kan nævnes, bl.a. at stenen transporteres den kortest mulige vej. Helt op til

toppen er der som nævnt 187 meter, men skulle stenen flyttes derop ad en rampe med en stigning på 5 eller 10 grader, så ville der være henholdsvis 1669 eller 828 meter.

Det kan undre, at trinvis løftning med sten ikke overvejes mere seriøst i pyramideforskningen. Måske er det – som ved Stonehenges og megalitgravenes overliggere for enkelt og udramatisk. Men det kan undre endnu mere, at Lehner i “The Complete Pyramids” end ikke nævner, hvad den græske historieskriver Herodot fik at vide, da han omkring 440 f.Kr. besøgte Cheops-pyramiden: “Denne pyramide blev bygget som en slags trappe i hvad nogle kalder afsatser, andre trin. Når de først havde lagt den således an, løftede de de øvrige sten op ved hjælp af nogle apparater, der var bygget af korte stykker træ, i første omgang fra jorden op på det første trin. Når stenen var kommet derop, blev den anbragt på et andet apparat, der stod på første trin, og fra dette blev den slæbt op på andet trin på et nyt apparat. Der var lige så mange apparater, som der var trin i trappen, eller måske var der kun ét apparat, som var let at transportere, som de så flyttede op på næste trin, når de havde fjernet stenen. Jeg har med vilje nævnt begge muligheder, sådan som man har fortalt mig”.⁵⁴

Fremgangsmåden ved byggeriet kunne have været, at det i den nedre del af pyramiden var hurtigst og nemmest at trække stenene på slæder op ad en lige rampe, hvor der var anlagt en trækvej, konstrueret på samme måde som trækvejen ved Lisht. Efterhånden som pyramiden voksede, blev rampen forøget og fulgte med i højden. Men på et tidspunkt blev rampen på grund af stor højde og længde for upraktisk, for eksempel ville en rampe med en 5 graders stigning være 570 meter lang i 50 meters højde. I denne højde var 72% af den totale stenmængde allerede bragt på plads. Ved fortsat brug af rampen skulle denne udbygges med så store mængder fyld, at det ville være meget besværligt. I stedet ville det være mere hensigtsmæssigt at fortsætte med stilladsmetoden og løfte stenene op trin for trin med løftestænger til slutstenen, pyramedion, kunne placeres på toppen.

Det ville ihvertfald have været en oplagt måde at gøre det på, omend fremsat af endnu en skrivebordspyramidebygger!⁵⁵ Ramper og stilladser behøver ikke at være et “enten – eller”, det kan også være et “både – og”.

“Ved Allah, sikke en formand!”

De 80 bluestones i Stonehenge stammer fra Preseli Mountains i Wales, der i luftlinie ligger 220 km fra Stonehenge. Men transportvejen må have været meget længere, idet man valgte en nemmere omvej for at undgå de mange floddale, der ellers skulle passeres på tværs. Ruten blev da 350 km lang, hvoraf en stor del meget bekvemt foregik til vands.

I anledning af årtusindskiftet – The Millennium – satte en gruppe frivillige fra The National Trust og Pembrokeshire College sig for at transportere en 3 tons sten den samme vej og på en måde, som det kunne have foregået i stenalderen. Ved i vor tid at eftergøre forfædrenes bedrifter ville man ved transporten af stenen, som blev kaldt The Millennium Stone, binde fortid og nutid sammen ved indgangen til et nyt årtusind.

Starten fandt sted i april 2000, og det var så hensigten at være fremme ved Stonehenge i september. Der var stor opmærksomhed om projektet, som af The Heritage Lottery Fund blev bevilget 100.000 pund, svarende til 1,2 million danske kroner! Transporten af stenen var henlagt til week-ends og ferier, hvor forskellige grupper af frivillige på skift ville afløse hinanden. Men allerede den første dag var der problemer, da de 40 frivillige kun fik trukket stenen 1,6 km mod de forventede knap 5 km. Modet svandt hos deltagerne, og en dag var der blot mødt 20 op, så stenen blev kun flyttet 800 meter den dag. Senere på færdens måtte man have hjælp fra en kran til at omlade stenen til et fartøj lavet af to sammensurrede både, der hver var bygget af sejldug spændt ud over et træskelet.

Den farligste del af ruten lå nu for, nemlig turen over åbent hav. En af de første dage søgte man på grund af optræk til uvejr ind til kysten, hvor fartøjet blev forløst. Men da mandskabet kom tilbage, var det og stenen væk! Fartøjet havde revet sig løs og var drevet til havs og med sin tunge last gået til bunds på 17 meter vand! Selv om det siden lykkedes at bjerge den hårdtplagede sten, nåede The Millennium Stone aldrig frem til Stonehenge, da projektet blev opgivet i juni 2000. "Enhver idiot kunne have forudsagt fiaskoen" lød den nådesløse kritik i aviserne.⁵⁶

Historien om The Millennium Stone viser, at flere forhold, ud over det rent tekniske, skal passe sammen, hvis et sådant projekt skal gennemføres med succes – både i nutid og fortid. For indtil videre har det i denne omtale af transport og løft af sten i oldtiden udelukkende drejet sig om den rent tekniske side af sagen. Mennesker er blevet omtalt som fysiske størrelser på linje med sten, træ og reb. Men modsat de rene materialer, så var menneskene af kød og blod – de var levende, kunne være begejstrede, ligeglade eller fortvivlede, energiske eller dovne, akkurat som mennesker i dag. Både socialt og mentalt må menneskene i oldtiden imidlertid have været motiveret til at tage del i monumentbyggerierne, ellers blev de det ved tvang. Andre ikke materielle forhold, som har været afgørende, er erfaring, praktisk kunnen og kløgt, når de store sten skulle lægges op. I det følgende skal der gives et par eksempler herpå.

I de moderne eksperimenter fra Bougon, Cotswold og Strakonice kan man se, hvor overraskende få mennesker, der behøver at deltage for at løfte sten. En normal dansk jættestue, hvor de største sten – dækstenene – ofte vejer omkring 10-15 tons, kan i realiteten have været opført af 5-10 mennesker, hvad angår det tunge arbejde med stenene. Set med nutidens

øjne er en lille arbejdskraft en fordel, men det har ikke været tilfældet i oldtiden, når det gjaldt bygning af det, vi i dag kalder for monumenter. Fra etnografiske paralleller – f.eks. Kodi-folket på Sumba – har man kendskab til, at slæbning og oplægning af store sten til gravminder er begivenheder, der samler og involverer tusinder af mennesker. Tilstedeværelsen af de mange mennesker er forbundet med stor prestige for arrangørerne, der til gengæld demonstrerer deres velstand og gæstfrihed ved store fester, hvor gæsterne beværtet rigeligt. Ved sådanne lejligheder kan der hver dag inviteres op mod 3000 mennesker, hvoraf dog kun en tredjedel tager del i selve det fysiske arbejde med stenen.⁵⁷

Men det er ikke kun arrangørerne, der får noget ud af det. For deltagerne er det forbundet med stor prestige og godt socialt samvær at del-

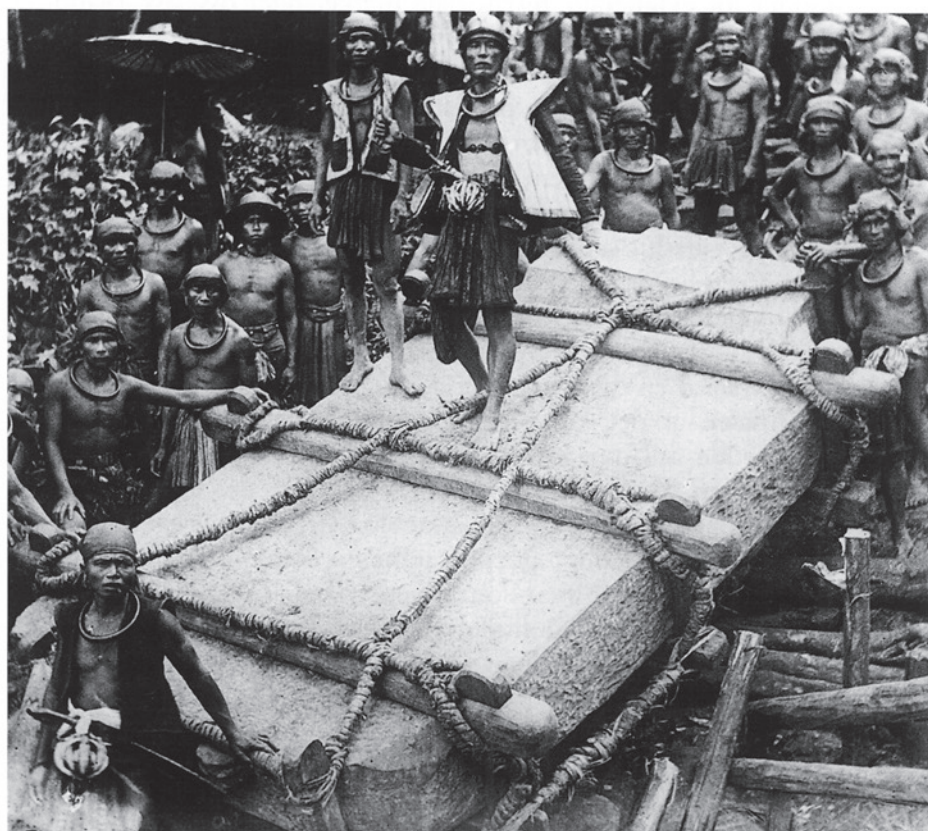


Fig. 24. Under trækningen af en 8 tons stor sten i Nias 1914 holdes der pause til ære for fotografen. Der er ikke tvivl om motivationen hos trækkerne og heller ikke om, hvem der har ledelsen. – Efter Schröder 1917.

During the work of pulling a large stone of 8 metric tons in Nias, 1914, a break was made in honour of the photographer. The men are obviously motivated, and the foreman is easily recognized.

tage som gæster og som trækraft. Den største dæksten på Sumba kaldes for Raisi Noni, som oversat til dansk betyder "masser af kræfter".⁵⁸ Og for begge parter gælder, at denne slags begivenheder åbner mulighed for at indgå og vedligeholde aftaler og alliancer mellem de fremmødte.

Ved at studere bl.a. Kodi-folket på Sumba får man et indblik i det ikke fysiske håndgribelige, som også dækstenene på vores breddegrader har været omgærdet af. På Sumba har stenen sjæl, og den skifter identitet fra stenbruddet til oplægningen på graven, som har et navn. Under stenens transport og oplægning udføres forskellige ritualer, og der synges bestemte sange om stenen.⁵⁹ En lille rest af den kraft og aura, som dækstenene på vore danske dysser og jættestuer tidligere har besiddet, er dog bevaret i de navne og sagn, som stadig knyttes til dem.⁶⁰

I dag er der mange meninger om, hvad formålet med dysserne og jættestuerne var: gravkult, forfædre dyrkelse, kult forbundet med sol og måne, minder for evigheden, territoriale markeringer osv. osv. Blandt et af de formål, som ofte også bliver nævnt, er den samfundsstabiliserende faktor. For de enkelte dyssebyggere må det nemlig have været en selvfølgelig ting at deltage i det fælles projekt, som opførelsen af en dysse var. Det var en del af deres identitet, tro og mentalitet, som blev forstærket og knyttet tættere sammen gennem den rent fysiske proces og samværet med andre, som det at bygge en stor stengrav også var. De har været topmotiverede og meget beslutsomme, lige som de mennesker, der i 1914 blev fotograferet på Nias, da de var i færd med at flytte en stor sten under ledelse af en viljestærk "formand" (fig. 24). Det er ikke nok med hundreder af mænds muskelkraft – der skal også snilde, koordination og beslutsomhed til i kraft af en dygtig formand.

Under omtalen af det komplicerede stillads i Stonehenge blev det nævnt, at lignende stilladser i nyere tid var i brug i kolonierne. Det skulle ikke undre, om de engelske ingeniører har lært det af de indfødte. Tænk for eksempel på den engelske arkæolog C.L. Woolleys beskrivelser af sine formænd cyprioten Gregori og arabereren Hamoudi. De kunne organisere flytningen af store sten, som ingen tyske jernbaneingeniører eller engelske arkæologer kunne finde ud af at få flyttet. Woolley viste engang Hamoudi den 970 tons tunge og 21,5×4,3×4,2 m store sten, som er anbragt 7 meter oppe i muren omkring Akropolis i Baalbek i Syrien: "Han sad tavs, og så på den, måske i 20 minutter, og så rejste han sig og sagde: "Jeg må gå, jeg får ondt i hovedet". Da han gik, hørte jeg ham mumle: "Ved Allah, sikke en formand!"".⁶¹

Lad os slutte denne gennemgang om håndtering af store sten i oldtiden med et andet tankevækkende citat af Woolley. Det drejer sig også om den kæmpestore sten i Baalbek: "Intet af det maskineri, vi råder over i dag (1953), kunne løfte den sten og anbringe den i den højde i muren; oldtidens mennesker kunne, fordi de ikke havde nogen maskiner".

NOTER

1. For eksempel er nær megalitgravene ved Bougon fundet neolitiske stenbrud (Mohén 1989, s. 158-167). Sten af hårdere stenarter er løsnet fra klippen ved bankning med mindre sten (hammersten, knusesten), en universel teknik, der også kendes fra stenbrud i f.eks. Ægypten og på Pâskeøerne. I Bougon, Vestfrankrig, er fundet hakker af hjortetak, der er brugt til at skrabe stensmulder ud og hugge i mindre hårde lag med.
2. Rumfanget og dermed vægten af Le Grand Menhir Brisé, er vanskeligt at beregne, forslagne ligger mellem 96 til 134 m³ svarende til en vægt på 256 til 342 tons (Burl 1985, s. 135). Andre forfattere anslår vægten til 350-380 tons. Menhirerne i Bretagne, eller ihvertfald nogle af dem, er ældre end jættestuerner. Brudstykker af menhirer er nemlig brugt som dæksten i nogle bretonske jættestuer.
3. Generelt om oplægning af dæksten: Bakker 1992, s. 35-37.
4. Mohén 1989, s. 168-170, 184-185. Atkinson mener, at rebene var lavede af snoede eller flettede strimler af dyrehuder (Atkinson 1979 (1956), s. 120).
5. Om transport af store sten se f.eks. Bakker 1992, s. 33-35, Coles 1975, s. 76-83, Heizer 1966 samt Mohén 1985, s. 168-169. Lange slæder, der fordeler trykket af stenen over en større flade, er en fordel (Osenton 2001).
6. Atkinson 1961, s. 292, Heizer 1966, s. 827, Mohén 1989, s. 173-175. Richards & Whitby 1997, s. 237. Ægypterne har dog anvendt kvæg, jvf. Lehner 1998, s. 203.
7. Skjölsvold 1961. Stentransporten omtales meget kursorisk. På fotoet, pl. 60b, i nævnte publikation kan man se træ, der er lagt ud på tværs af trækbanen.
8. Bahn & Flenley 1992, s. 134-146. Love 1990. Se også note 30.
9. Ved Loves eksperiment blev kopien af moaien også flyttet stående direkte på jorden, hvilket beskadede basis af statuen, jvf. Bahn & Flenley 1992, s. 141-42.
10. Newberry 1894-95. Lerstrup 1991. Desværre har en forkortet, fejlagtig version af flytningen af statuen med langt færre trækkarle på fundet indpas i litteraturen, jvf. Coles 1975, s. 78. Den øverste frise med mennesker er ikke som omtalt hos Coles soldater med køller og piske, de bærer derimod palmeblade i hænderne! Man skal være opmærksom på, at det ikke er en almindelig arbejdsituation, der er vist. Statuen er nået helt frem til templet, hvorfor der bl.a. foregår særlige ceremonier. Såvel statue som gravmaleriet ved El Bersheh findes ikke længere. Se også note 11. Annette Lerstrup takkes for faglig bistand.
11. På den store tegning i Newberry 1894-95 af flytningen af Djehutyhoteps statue, er det tydeligt angivet, at der hældes vand ud af lerkarret. Newberry mener, at det er en ceremoniel handling, men man skal være opmærksom på, at der på maleriet kun var plads til at gengive nogle handlinger i forenklet form. For eksempel kan der også have været langt flere trækkarle, jvf. note 30. Om glidemiddel, Lisht og eksperiment, se Lehner 1998, s. 203.
12. Lehner 1998, s. 209.
13. Det mest kendte eksperiment var sejladen med en kopi af en af Stonehenges bluestones i 1954 på floden Avon ved Salisbury, jvf. Atkinson 1979 (1956), s. 105-114. Se også Kaul 1999 om en spændende, fiktiv transport af bluestones.
14. Röder 1948. Schröder 1917. J.A. Bakker takkes for udførlig korrespondance og hjælp med hensyn til indonesisk dyssebyggeri. Stenen måler 3,5×2,0×0,4 m (Schröder 1917, s. 103), svarende til 2,8 m³. Hvis stenen vejer 2,7 t/m³ (som granit), så vejer den 7,6 tons.
15. Richards & Whitby 1997, s. 236-239, 249-251. Se også note 30. Den største bæresten (nr. 56 i den store trilithon) anslås af Richards & Whitby til at veje 40 tons. Den vejer imidlertid 54 tons og er med en længde på 9 m en meter længere end deres kopi af beton. Den største overligger (nr. 156 i den store trilithon) i Stonehenge vejer 16½ tons. Stenenes volumen er beregnet efter dimensionerne angivet hos Stone 1924 (inkl. plate 5). Sarsen vejer ca. 2,38 t/m³ (Richards & Whitby 1997, s. 238).
16. Saxo 1975 (1878), s. XXIII-XXIV.
17. Frederik 7. 1857. I perioden 1857-1863 oversat til bl.a. fransk (1857), tjekkisk (1859), italiensk (1860), nygræsk (1860), engelsk (1862), hollandsk (1863) og tysk (1863).
18. Antiquarisk Tidsskrift 1852-1854, s. 6-7. Det er J.A. Bakker, som har "afsløret" Frederik 7. som påstået ophavsmand til rampeteorien, jvf. Bakker 1999, s. 160.

19. Bakker 1999, s. 159-162 med yderligere henvisninger til litteratur om de tidlige hollandske forslag til oplægning af dæksten.
20. Heizer 1966, s. 824 med en henvisning til Cobo 1956, s. 262. Hverken Heizer eller Cobo nævner, om der var lagt langsgående tømmer ud på jordrampen. Det er nemlig meget sandsynligt.
21. Tempel 1979, s. 194, Tempel 1984, s. 47. I Bakker 1999, fig. 5 er gengivet et billede fra et tysk-hollandsk udstillingskatalog fra 1942, hvor man bl.a. ser en dæksten lagt op på et stillads af tømmer, hvorefter stenalderfolk er ved at sætte bæresten ind under den.
22. Osenton 2001, s. 293-294.
23. På De britiske Øer findes mange dysser, hvor dækstenene hviler på 3-4 høje spidse bæresten, der står i god afstand fra hinanden. Dysserne i bl.a. Danmark er anderledes og mere kompakt bygget. Bærestenene kan stå tæt sammen og "klemme" hinanden, så dækstenene må være anbragt til sidst (Thorsen 1981, s. 107-108).
24. Tustrup: Kjærum 1955, s. 31, Lundevej: Ørsnes 1957, s. 229- 230, Kraghø: Skaarup 1985, s. 251, Jordevej: Dehn, Hansen & Kaul 2000, s. 90-92, Kong Svends Vej: Dehn, Hansen & Kaul 1995, s. 42- 43 og fig. 29-30.
25. Brindley & Lanting 1994, Lanting i tryk.
26. Foreslået af Sven Thorsen. Udgraverne er ikke sikre på, at humuslagene er humuslag, jvf. følgende citater (mine fremhævelser): Tustrup-jættestuen: "et ganske tyndt mørkt lag, *formodentligt* et gammelt humuslag" (Kjærum 1955, s. 30). Lundevej-jættestuen: "Gråbrunt, *tilsyneladende* humificeret lag.." (Ørsnes 1957, s. 229). Ved Kraghø-jættestuen er udgraveren ikke 100% sikker: "Den let sandmuldede stribe kan *næppe* være andet end rester af et vegetationslag dannet under en 1. fase af højens opbygning". (Skaarup 1985, s. 251).
27. Breuning-Madsen & Holst 1995. Jensen 2002, s. 164-166.
28. Kaul 1989, s. 96. På Historisk-Arkæologisk Forsøgscenter i Lejre udarbejdede centerleder Bo Madsen i 1988 en beskrivelse af et projekt om opførelsen af en jættestue på Forsøgscentret. Heri blev fremsat ideen om transport af sten på frosne overflader. Venligst meddelt af Bo Madsen.
29. Burenhult 1986, s. 288-289.
30. Göran Burenhult har bekræftet de 12 sekunder (brev dateret 3.11.1997 til PE). At 14 mennesker kunne trække 6 tons, svarende til 429 kg pr. mand, lyder umiddelbart overraskende, men skyldes at slæden med stenen var sat i bevægelse. Trækraften pr. mand er umiddelbart næsten identisk med det tidligere omtalte eksperiment, hvor Love lod flytte en kopi af en Påskeo-statue, hvor hver mand trak 400 kg. Både Love og Burenhult brugte træslæder, men hvor Love lod slæden med stenen trække på en plan flade på ruller, så var der ingen ruller, men træ mod træ, ved Burenhults eksperiment, hvor trækket gik jævnt opefter.
 En vigtig faktor er gnidningskoefficienten, der ved vådt træ mod vådt træ er 0,2. Bruges der ruller, må den være mindre, vel 0,1. En omregning til effekten pr. mand vil med en gnidningskoefficient på 0,1 ved Burenhults eksperiment give 1041 watt, hvilket er langt over en hestekraft (= 736 watt). Men da det var træ mod træ, så har gnidningskoefficienten snarere været 0,2, evt. 0,15, svarende til henholdsvis 1607 watt og 1327 watt pr. mand.
 Et menneske kan i et ganske kort øjeblik præstere mere end en hestekraft. En veltrænet person kan på en kondicykel i en time præstere 180 watt, eller 360 watt i intervaller med 30 sekunders kørsel og 30 sekunders hvil. Det sidste momentvise arbejde, hvor der skiftevis arbejdes hårdt og holdes pause, er meget relevant ved trækning af sten, hvor en lignende arbejdsrytme kan være anvendt. Niels Bandholm takkes for hjælp ved disse beregninger.
 Flytningen af den 58 tons tunge statue af Djehutyhotep bliver på vægmaleriet (fig. 5) foretaget af 168 personer svarende til, at de hver trak 345 kg. Ved Whitby's træk af den 40 tons tunge betonkopi af en Stonehenge-sten var gnidningskoefficienten anslået til 0,05 (sporet var fedtet kraftigt ind), hvilket på en vandret flade betyder, at der skal 2 tons kraft til at trække stenen. Ved en stigning på 3 grader behøves en kraft på 4 tons. I begge tilfælde skal momentvis bruges flere kræfter, ved stigningen op til 6 tons, når stenen ved begyndelsen af trækket "sidder fast" (Richards & Whitby 1997, s. 237).
 Burenhults eksperiment er problematisk, men ikke desto mindre trak 14 mand på 12 sekunder en sten op ad en 16 meter lang rampe med en stigning på 5 grader. Når det kunne

- lade sig gøre, må det være fordi, at gnidningskoefficienten har været mindre end 0,1 og/eller stenen vejer mindre end de angivne 6 tons. Da 1 m³ granit vejer 2,7 tons, vil en granitsten på 6 tons have et volumen på 2,2 m³. På billederne fra eksperimentet (Burenhuldt 1986 s. 289) synes stenen ikke at være så stor, men det må komme an på en måling. En helt tredje mulighed er, at svenskerne er helt utrolig stærke!
31. Bakker 1992 og 1999, Heizer 1966, Lanting i tryk, Röder 1948. Også i slutningen af 1900-tallet er der foretaget lignende stentræk og dyssebyggeri på Sumba: Burenhult 1992, s. 146-169, Hoskins 1986. Lastbiltransport af store sten har dog vundet indpas ved siden af den gamle metode.
 32. Bakker 1999, s. 152.
 33. Selv om stilladsmetoden blev omtalt i 1990 og 1999 (Eriksen 1990 og 1999), er den stort set forblevet upåagtet (Jensen 2001, s. 356, P.O. Nielsen 2001, s. 74). I 1995 så jeg dog metoden foreslået på en informationstavle ved langdyssen Hestehave nær Nyborg.
 34. Müller 1897, s. 78.
 35. Andersen & Eriksen 1996. Eriksen 1999, s. 72-77.
 36. Lanting i tryk.
 37. Mohen 1980, s. 66 og Mohen 1989, s. 177-178.
 38. Poissonnier & Collin 1994, s. 136-137.
 39. Osenton 2001, s. 294. I brev dateret 16.4.2002 til PE har J. Osenton venligst oplyst, at eksperimenterne fandt sted 1996-97, og at den anvendte løftestang var af nåletræ (softwood) og var 3,5 m lang med et tværmål på 12,5 cm. Osenton takkes for oplysningerne.
 40. Det regnes for normalt, at en voksen mand kan trække med en kraft på 50 kg (kp), jvf. Atkinson 1979 (1956), s. 133. Imidlertid kan en person trække med hele sin vægt. Trækket i stangen kan også foretages ved at lægge sten i netkurve, der hænger for enden af stangen (Hansen 1993, s. 18, fig. 19).
 41. Kaul 1998, s. 102-103. Mohen 1989, s. 159.
 42. Den fase af Stonehenge, hvor både den store stenkreds af sarsen og de fem trilithons af sarsen i hesteskoen er opstillet, blev tidligere dateret til omkring 2100 f.Kr. svarende til tidlig ældre bronzealder i England. Dateringen er nu, bl.a. ved C14-dateringer rykket tilbage til sen yngre stenalder til 2400 f.Kr. (Cunliffe & Renfrew 1997). Flemming Kaul og Rud Kjems takkes for oplysninger vedr. Stonehenge.
 43. Stone 1924, s. 108-112. Som et kuriosum kan nævnes, at Stones rampe er en ren jordrampe uden langsgående tommer på overfladen. Det er nok ikke hensigtsmæssigt.
 44. Cunnington 1935, s. 50.
 45. Atkinson 1979 (1956), s.131 og Atkinson 1993, s. 17.
 46. Pavel 1992. Pavel har også i 1986 eksperimenteret med flytning af moaier på selve Páskeoen (Bahn & Flenley 1992).
 47. Richards & Whitby 1997. Eksperimentet i 1994 blev lavet i forbindelse med en TV-optagelse af BBC – Secrets of Lost Empires – Stonehenge. Sendt i dansk TV i 1998 og 1999. Rud Kjems takkes for at have gjort mig opmærksom på Whitbys eksperiment.
 48. Stone 1924, s. 108-112 samt pl. 28-29. I publikationen af eksperimentet ved Stonehenge i 1994 omtales rampen af metal som en substitut for en rampe af jord og træ (Richards & Whitby 1997, s. 246). Men i TV-udsendelsen (jvf. note 47) tales der kun om en rampe af jord.
 49. Stone 1924, s. 104-107 samt pl. 25.
 50. Whitby & Richards 1999, s. 252.
 51. Også traditionelle ramper af træ har været foreslået (i 1954) til optrækningen af overliggerne i Stonehenge, jvf. Atkinson 1979 (1956), s. 135. Atkinson tror dog mere på stilladsmetoden.
 52. Lehner 1998, s. 209.
 53. Lehner 1998, s. 217. P. Nielsen 1996, s. 20.
 54. Herodot 1997, s. 144-145. I en note nævner oversætterne, Hastrup og Hjortso, at den nøjagtige karakter af disse indretninger (mechanai) ikke er angivet. Det havde ellers været interessant at vide noget om. En amerikansk ingeniør har i 1991 – med udgangspunkt i Herodots beskrivelse – af træ og tovværk konstrueret et apparat, som betjent af syv mænd kan løfte en stenblok på 1,6 tons (Lowdermilk 1992).
 55. Den her foreslåede metode kan meget vel være fremsat tidligere.

56. Rud Kjems på sin Internet-hjemmeside <http://www.ancient-astronomy.dk>: Arkæologi på nettet, nr. 39, 1. februar 2002.
57. Hoskins 1986, s. 39.
58. Bakker 1992, s. 113.
59. Hoskins 1986.
60. Schmidt 1932, Lidegaard 1994.
61. Woolley 1955, s. 39. Adams 1977. Eriksen 1999, s. 53-55 (med foto). Den omtalte sten sidder i et Jupiter-tempel fra 1. årh. e.Kr.

LITTERATUR

- Adams, J.-P. 1977: À propos du trilithon de Baalbek. *Syria* 54.
- Andersen, N.H. & P. Eriksen 1996: Dysser uden høje. *Skalk* 1996, nr. 2. *Antiquarisk Tidsskrift* 1852-1854, København 1854.
- Atkinson, R.J.C. 1961: Neolithic Engineering. *Antiquity* XXXV
- Atkinson, R.J.C. 1979 (1956): *Stonehenge*. London.
- Atkinson, R.J.C. 1987: *Stonehenge and Neighbouring Monuments*. London.
- Bahn, P. & J. Flenley 1992: *Easter Island Earth Island*. London.
- Bailloud, G., C. Boujot, S. Cassen & C-T Le Roux 1995: *Carnac. Les premières architectures de pierre*. Paris.
- Bakker, J.A. 1992: *The Dutch Hunebedden. Megalithic Tombs of the Funnel Beaker Culture*. Ann Arbor, Michigan.
- Bakker, J.A. 1999: The Dutch megalithic tombs, with a glance at those of north-west Germany. I: K.W. Beinhauer, G. Cooney, C.E. Guksch & S. Kus (red.): *Studien zur Megalithik. The megalithic phenomenon*. Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 21. Mannheim/Weissbach.
- Breuning-Madsen, H. & M.K. Holst 1995: Genesis of Iron Pans in Bronze Age Mounds in Denmark. *Journal of Danish Archaeology* 11, 1992-93.
- Brindley, A.L. & J.N. Lanting, 1994: A re-assessment of the hunebedden O1, D30 and D40: Structures and finds. *Palaeohistoria* 33/34.
- Burenhult, G. 1986: *Speglingar av det förlutna*. Höganäs.
- Burenhult, G. 1992: *StenMännem. Megalitbyggare och människoätare*. Höganäs.
- Burl, A. 1985: *Megalithic Brittany*. London.
- Chippindale 1996 (1983): *Stonehenge Complete*.
- Cobo, B. 1956: A History of the New World. *Library of Spanish Authors from the Formation of the Language until the Present*, vols. 91-92. Madrid.
- Coles, J. 1975: *Forsøg med fortiden*. Højbjerg.
- Cunliffe, B. & C. Renfrew (red.) 1997: *Science and Stonehenge*. Oxford.
- Cunington, R.H. 1935: *Stonehenge and its date*. London.
- Dehn, T., S. Hansen & F. Kaul 1995: *Kong Svends Høj*. København.
- Dehn, T., S. Hansen & F. Kaul 2000: *Klekkende høj og Jordehøj*. København.
- Eriksen, P. 1990: *Samsøs store stengrave*. Ebeltoft.
- Eriksen, P. 1999: *Poskær Stenhus. Myter og virkelighed*. Højbjerg.
- Frederik 7. 1857: *Om Bygningsmaaden af Oldtidens Jættestuer*. København.
- Hansen, S. 1993: *Jættestuer i Danmark. Konstruktion og restaurering*. København.
- Heizer, R.F. 1966: Ancient Heavy Transport, Methods and Achievements. *Science* 1966, vol. 153.
- Herodot 1997: *Herodots historie*. Bind 1. Oversat af T. Hastrup & L. Hjortso. København.
- Hoskins, J.A. 1986: So my name shall live: stone-dragging and grave-building in Kodi, West Sumba. *Bijdragen tot de Taal-, Land-, en Volkenkunde* 142.
- Jensen, J. 2001: *Danmarks Oldtid. Stenalder*. København.
- Jensen, J. 2002: *Danmarks Oldtid. Bronzealder*. København.
- Kaul, F. 1989: Klekkende høj og Jordehøj – 5000-årige ingeniørarbejder. *Nationalmuseets Arbejdsmark*.

- Kaul, F. 1998: *Europas dysser og jættestuer*. København.
- Kaul, F. 1999: Stonehenge var et vanvittigt byggeri. *Illustreret Videnskab*, nr. 2.
- Kjærø, P. 1955: Tempelhus fra stenalder. *Kuml*.
- Lanting, J.N. i tryk: Some observations regarding the construction of Dutch megalithic tombs. I: P.O. Nielsen (red.) i tryk: *Megalithic Tombs – their Context and Construction*, København.
- Lehner, M. 1997: *The Complete Pyramids*. London.
- Lehner, M. 1998: *Egyptens pyramider*. København.
- Lerstrup, A. 1991: Djehutyhotep – en stormand i Mellemste Rige. Papyrus 11/2.
- Lidegaard, M. 1994: *Danske sten i sagn og tro*. København.
- Lowdermilk, R.H. 1992: Re-inventing The Machine Herodotus said built The Great Pyramid. *KMT – A modern Journal of Ancient Egypt*, vol. 2, no. 4. San Francisco.
- Love, C. 1990: How to make and move an Easter Island statue. I: Esen-Baur, H.M. (red.) 1990: *State and Perspectives of Scientific Research in Easter Island Culture*. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt, No. 125.
- Michell, J. 1982: *Megalithomania. Artists, antiquarians and archaeologists at the old stone monuments*. London.
- Mohen, J.-P. 1980: Aux prises avec des pierres de plusieurs dizaines de tonnes, la construction des dolmens et menhirs au Néolithique. *Les Dossiers de l'Archéologie* 46.
- Mohen 1989: *The World of Megaliths*. London.
- Müller, S. 1897: *Vor Oldtid*. København.
- Newberry, P.E. 1894-95: *El Bersheh I*. London.
- Nielsen, P. 1996: *Pyramider og gravkamre ved Giza*. Århus.
- Nielsen, P.O. 2001: *Oldtiden i Danmark. Bondestenalderen*. København.
- Nielsen, P.O. (red.) i tryk: *Megalithic Tombs – their Context and Construction*. København.
- Osenton, C.J. 2001: Megalithic engineering techniques: experiments using axe-based technology. *Antiquity* 75.
- Pavel, P. 1992: Raising the Stonehenges lintels in Czechoslovakia. *Antiquity* 66.
- Poissonnier, B. & Collin, F. 1994: Construction expérimentale d'une "allée couverte" mégalithique. *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie*, Tome XXXIV.
- Richards, J. & M. Whitby 1997: The Engineering of Stonehenge. I: Cunliffe, B. & C. Renfrew (red.) 1997: *Science and Stonehenge*. Oxford.
- Roche, D. 1969: Carnac. Paris.
- Röder, J. 1948: Bilder zum Megalithentransport. *Paideuma* 3.
- Saxo 1975 (1878): *Danmarks Krønike*. Oversat af F.W. Horn. København.
- Schmidt, A.F. 1932: *Danmarks Kæmpesten i Folkeoverleveringen*. Danmarks Folkeminder nr. 39. København.
- Schröder, E.E.W.Gs. 1917: *Nias. Ethnographische, Geographische en Historische Aanteekningen en Studien*. Leiden.
- Skaarup, J. 1985: *Yngre stenalder på øerne syd for Fyn*. Rudkøbing.
- Skjølsvold, A. 1961: The Stone Statues and Quarries of Rano Raraku. I: T. Heyerdahl & E.N. Ferdon 1961: *Reports of the Norwegian Archaeological Expedition to Easter Island and the East Pacific*. København.
- Stone, E.H. 1924: *The Stones of Stonehenge*. London.
- Tempel, W.-D. 1979: Erfahrungen beim Umsetzen von Großsteingräbern und denkmalpflegerische Probleme. I: H. Schirmitz (red.): *Großsteingräber in Niedersachsen*. Hannover.
- Tempel, W.-D. 1984: *Landkreis Rotenburg (Wümme). Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland 4*. Stuttgart.
- Thorsen, S. 1981: "Klokkehøj" ved Bøjden. Et sydvestfynsk dyssekammer med velbevaret primærgrav. *Kuml* 1980.
- Woolley, C.L. 1953: *Spadework*. London.
- Woolley, C.L. 1955: *Spadestik*. København.
- Orsnes, M. 1957: Om en jættestues konstruktion og brug. *Aarbøger for nordisk Oldkyndighed og Historie* 1956.

Ramps and scaffolds

The lifting of large stones during antiquity

Until well into the 18th century, many scholars thought that megaliths were erected by giants. Less supernatural theories did not occur in print until the 19th century. One of these was expressed in a small pamphlet from 1857, "On the Building Manner of the Passage Graves of the Antiquity", written by the Danish King Frederik the Seventh. Earlier (1853), the king had been convinced that first the capstones had been placed on a mound and then the uprights had been placed in holes dug out under the capstone (fig. 7). When all uprights were in place, the remaining earth was removed. This so-called mound theory is almost completely forgotten, but it surfaced sporadically in the 20th century, last when J. Osenton was reconstructing dolmens in the Cotswold Hill Quarry by Cheltenham in England in 1996-97.

In 1857, Frederik the Seventh put forward the ramp theory, according to which the capstone is pulled up on a ramp to the already finished chamber (fig. 7-8). According to Frederik the Seventh's proposal, the ramp was built from earth lengthwise covered with timber, on top of which the capstone would have been pulled up on rolls.

However, the king had not invented this theory. It was known in Scandinavia and Holland already around 1800. In 1815, N. Westendorf in Holland suggested the use of earth ramps, and the following years the Dutch developed the ramp theory further.

Both the early Dutch antiquarians and others referred to the fact that from the 16th to the 19th century (after the Spanish conquest), Inca workers in Peru, when erecting large buildings, used earth ramps for pulling large stones in place. During their golden age (1300-1500AD), the Incas were masters in building with large stones that weighed up to well over 200 metric tons. Perhaps the knowledge of Inca earth ramps inspired the early European antiquarians to suggest that the megaliths had also been pulled in place

by the use of ramps.

In 1983, an experiment was carried out in Skånes Djurpark (Scania's Animal Park) under G. Burenhuldt's supervision: the building of a long barrow. The capstone was mounted on a wooden sledge and pulled in place using a rope and a 16-m long earth ramp covered with timber lengthwise (fig. 9). The gradient of the ramp was 5 degrees. It took fourteen men a mere twelve seconds to pull up the capstone.

In Indonesia, the use of wooden ramps for pulling up grave capstones is well known. Such a situation was documented in 1910, when four hundred people pulled the stone in place without the use of rolls (fig. 10-11). In Holland, postholes suggesting the use of a similar method have been found in connection with some megalith graves (fig. 12).

When using the scaffold method, one end of the stone is lifted using one or more levers while timber is being pushed under the stone. Then the other end is lifted and timber pushed underneath. The stone is then lifted again, and timber is pushed under in the opposite direction of the previous layer of timber – and so forth, until the stone has reached the planned height (fig. 13-14). The stone is lifted up on a steadily growing scaffold, so to speak. When the lever is high up, ropes are attached to it for pulling. This method was used in Denmark during the 19th century, when the National Museum was placing capstones that had fallen from their original position back onto the megalith graves. In 1897, the Danish archaeologist Sophus Müller suggested that the capstones of the megalith graves had originally been positioned in this way. In 1979, J.-P. Mohen initiated an experiment in Bougon, France, involving the lifting of a 32-tons copy of a capstone (fig. 15). The lifting was carried out using three levers, each operated by twenty men. By pushing timber under the stone, it was easily lifted one meter. During the same experiment, twenty

men easily lifted the stone using a single lever. In 1994, in Ramioul in Belgium, the scaffold method was also used for placing a capstone on a newly built *allée couverte*. In Cotswold's Hill Quarry, England, J. Osenton built three dolmens in 1996-97. A five-ton capstone was lifted one meter by two persons, one using a 3.5-meter long lever, the other pushing timber underneath.

Levers are thus very effective, as heavy loads may be lifted using small effort. According to the lever principle, $K1 \times L1 = K2 \times L2$, where $L1$ and $L2$ are the long and short arm (divided by the fulcrum) respectively, $K1$ is the force used for pulling, and $K2$ is the force, which in combination with $L2$ has an effect on the stone itself. If using a completely regular stone, like an over-sized brick, it will be merely half of the stone's weight that is lifted, as its edge is resting on the support. However, as the stones are usually irregular, the lifted weight in the following calculations is estimated to be 60% of the total weight.

At Cotswold Hill Quarry, the relation between effort and load was 1:100, hence, one man had to pull with a mere power of 30 kg in order to lift the heavy stone. At Bougon, each of the 60 persons had to pull with a force of 32 kilos, if the relation was 1:10, in order to lift the 32-tons block. A capstone in the Spanish passage grave *Cueva de Menga* weighs 180 metric tons. It could be lifted by 72 men each pulling 50 kg, if the relation was 1:30.

It appears that capstones may be easily lifted using a scaffold. When the stones reached the level of the top of the uprights, they could be pulled in over the chamber. At the experiment at Ramioul, Poissonier and Collin used a method inspired by the transportation of stones in a quarry. In the ends of the round timber just under the stone were drilled holes, in which sticks were placed. When the sticks were turned, the stones could be rolled in position over the chamber (fig. 16). The use of Stone's A-frame, which will be mentioned later, would have been very effective indeed, even when very large stones had to be moved from the scaffold onto the chamber.

At Stonehenge, the large sarsen stones were erected 2400 BC towards the end of the

late Stone Age (fig. 17). The lintels of the large circle weigh approximately seven tons and are positioned at 4.3 meters above the earth. In the middle of the circle is the "horse shoe" consisting of five thrilitons (a thriliton is a pair of uprights carrying a lintel). These lintels weigh up to 16.5 metric tons and are raised seven meters above ground level.

In 1924, the engineer E.H. Stone suggested that the lintels had been pulled up an earth ramp that had been so large that it had a platform on top. Here the final adjustment of the lintel could take place using levers.

In 1935, another – simpler – technique, the scaffold method, was suggested by colonel R.H. Cunnington. The engineer C.A. Gauld later developed his idea further. He advocated the use of a rather complicated scaffold, which completely surrounded the uprights (fig. 19).

In 1991, the engineer P. Pavel carried out an experiment by Strakonice in the Czech Republic (fig. 20). A copy of two uprights in the Stonehenge circle had been erected, and a lintel was to be put in position. The height was 3.5 meters, and the lintel weighed five metric tons. The procedure was surprisingly simple. Using levers and ropes, the stone was pulled up a ramp made from two heavy stems. The pulling was done in 30-cm tugs, and behind the lintel was a "brake rod", which was moved along to prevent the stone from sliding down. The levers were of spruce, 4.5 m long and 25 cm in diameter. The ropes were 3 cm thick. The stone was pulled up in three days by ten men.

In 1994, M. Whitby was carrying out experiments near Stonehenge. They included the placing of lintels using both ramp and scaffold. For this purpose, concrete copies of two uprights and a lintel had been made. The lintel weighed ten metric tons and had to be lifted seven meters. First, it was lifted using the scaffold method. As this went easily, and it was obvious that it could be easily lifted in place, the experiment was called off. The scaffold was a simple one, which did not surround the uprights. The lintel was pulled up a metal ramp, which served as an earth ramp. On the surface, the ramp had three tracks of timber lengthwise, and 90 people pulled up the stone in three hours. The pulling was done using an A-frame, which works as an

upright lever (fig. 21). E.H. Stone had suggested this method in 1924 when the uprights were erected (fig. 22). Whitby's experiment had the special point that the timber on the ramp surface was separated at the top, so that it would tip with the stone when it reached the top.

One or the other? A ramp or a scaffold? The huge disadvantage of the earth ramp is that it would have taken a very long time to both build it and remove it. It would be faster and easier to use Pavel's wooden ramp, strengthened and supported by timber and then pull up the stone either using Pavel's method or an A-frame. Finally, there is the scaffold method, which Whitby and Richards found very rewarding. However, this method seems too simple and undramatic as opposed to the ramps. At any rate, many scholars have become obsessed by the ramps and will not consider the scaffold as an alternative. The theories of how Egypt's large pyramids were erected are a fine example of this.

The Great Pyramid was built for the Pharaoh Cheops, who died around 2580 BC. It is an impressive monument, which was originally 146.5 meters high, with each side measuring 230 meters. It was built from 2,300,000 box-shaped stones, each weighing approximately 2.5 metric tons or less.

How the Egyptian pyramids were built is still a matter of speculation. The many suggested methods can be divided into two groups: ramps or gradual raising using levers (the scaffold method). The ramp method is preferred by most, but the shape of the ramps remains a mystery (fig. 23). Ramps have been found next to some very small and unfinished pyramids, but they were less than seven meters high. These ramps were made from limestone rubble, sand, gypsum, and clay. It seems obvious that ramps may have been used for the building of small pyramids and for the lower parts of larger pyramids. However, in the case of the great pyramids, the ramps would gradually become very steep and very long, or both, when the pyramid rose upwards.

In his book, "The Complete Pyramids" (1997), Mark Lehner, one of the leading pyramid scholars, strongly advocates the ramp theory. In 1996, he took part in the building of a 6-m high pyramid "to test some of the

current theories of armchair pyramid builders and try out ancient theories". The small pyramid was built using a ramp. The scaffold method was also tested for the raising of a stone weighing two metric tons. The experiment was unsuccessful and therefore dismissed. However, elementary mistakes were made, as for instance using boards stacked in layers as a substitute for heavy timber.

In spite of this, there are in fact numerous advantages of lifting the stones step by step. For instance, several teams can work simultaneously on each step; the distance is shorter; there is no long return with an empty sledge; and huge ramps do not have to be built and removed again. When Herodotus visited The Great Pyramid around 440 BC, he was told that it had been built by lifting the stones step-by-step using special devices (mechania). This information was omitted in "The Complete Pyramids".

The method used for building a large pyramid could have been a combination of the two techniques. Ramps were used at first, until they became too large or steep or both, then stones were lifted step-by-step using levers. This change may well have taken place at a height of 50 meters, when 72% of the stone mass was already in place. Also, the use of ramps and scaffolds does not have to be an either/or. Perhaps both methods were used.

The heavy bluestones at Stonehenge, each weighing between 3 and 4 metric tons, were quarried in antiquity in the Preseli Mountains in Wales. The 80 bluestones were transported more than 350 km across land and water. In 2000, a group of volunteers wanted to repeat this great achievement of the past by transporting a 3-ton stone along the same route. The project, called The Millenium Stone, was a total failure and had to be given up. The participants met too many obstacles on the way and had to use modern techniques; the stone was transported far shorter distances a day than expected; a crane had to be used for lifting the stone onto a vessel, which later sank in 17 meters of water. One important reason for the poor outcome was not just the lack of technical skills, but also lack of planning, expertise, and motivation among the participants. These factors are indeed the prerequisite for a successful implementation, in the past as well as now.

The experiments at Bougon, Cotswold, and Strakonice showed that a few people were able to lift the stones. However, in the antiquity this would have taken place at community events, which gathered huge crowds. This was certainly the case when dolmens were built in Indonesia in modern time. Here, the presence of many people gave prestige to the organizers, who in return demonstrated their wealth and hospitality by throwing large parties where the guests were lavishly entertained. For both organizers and participants these occasions offered the possibility of making or renewing agreements and alliances.

One of the many reasons behind the erection of the megalith graves was its stabilizing effect on society. The megalith builders would have been highly motivated and very determined, as the balance of their social and spiritual universe depended on a successful completion of the work with the huge stones. The muscle power of hundreds of men is not enough; it also takes a foreman

with ingenuity, coordination and determination (fig. 24). The foremen of the English archaeologist, C.L. Woolley, were good at moving large stones. Once, Woolley showed his foreman, the Arab Hamoudi, the large stone, measuring 21.5×4.3×4.2 meters, which during the first century AD was placed at seven meter's height in the wall of Acropolis in Baalbek in Syria. "He sat in silence, looking at it for perhaps twenty minutes, and then rose to his feet. "I must go away," he said, "my head aches"; and as he went, I heard him murmur: "By Allah, *what* a foreman!"

In this context, Woolley mentions that at his time (1953), such a stone could not be lifted that high by machines, but that the people of the antiquity were able to do it because they lacked machines!

Palle Eriksen
Ringkøbing Museum

Translated by Annette Lerche Trolle