

Viljens vished

Videns- og mentalitetsformer bag Brunelleschis kuppel over Santa Maria del Fiore

Torben Hviid Nielsen

Institutt for sosiologi og samfunnsgeografi
Universitetet i Oslo
t.h.nielsen@sosiologi.uio.no

Abstract

The topic of this essay is the types of knowledge and the mentalities behind the construction of the cupola over the Dome of Florence *Santa Maria del Fiore* during the years 1420–1436, rather than its technological features and architectonic style frequently discussed elsewhere. The cupola is a unique condensation of mentalities from the three epochs: tradition, early renaissance humanism, and the 17th. Century counter-renaissance, that – according to Steven Toulmin – struggled for dominance at the beginning of modernity.

The recent reconstruction of the cupola's load-bearing principles – which for centuries have been unknown – has revealed a "silent" knowledge, but did not recreate a "lost" knowledge. The apparently impossible construction became possible in a unique combination of will, trust and knowledge, experience and certainty, tacit knowledge and non-knowledge. The commissioner *Opera del Duomo* decided to construct the cupola well aware that this may not be feasible. The trusted master builder Filippo Brunelleschi made his experience a silent certainty enabling him to act in accordance with rules without knowing them. As the certitude could not be handed over to the construction workers, *popolo minuto*, the separation of knowledge was conveyed in a division of labour. A century later, the punishment of the very *superbia*, without which the cupola could never have been built, was finally depicted on Giorgio Vasari and Federico Zuccaro's fresco as the first of tradition's seven deadly sins.

"Stor nok til at rumme hele Toscanas befolkning i sin skygge"

Konstruktionen af den gigantiske kuppel over Firenzes nye domkirke Santa Maria del Fiore blev påbegyndt i 1420 uden, at hverken bygherre eller bygmester vidste, hvordan – og dermed også om – den kunne fuldføres. Opgaven forekom i Antonio

Manettis sammenfatning "næsten umulig, eller bedre helt umulig" (1970:62). Ingen erfaring viste, at kuppelen ville være mulig. Samtidens doxa tilsagde, at den ville være umulig. Bygmesteren Filippo Brunelleschi havde hverken en formaliseret plan, tekniske beregninger eller manualer. Og bygherren *Opera del Duomo* vidste, at de ikke vidste, hvordan byggeriet kunne fuldføres, men

Nøkkelord

Brunelleschi

erfaring

regel

Santa Maria del Fiore

tavs viden

tillid

viden

vished

Zilsels dilemma

satte i gang med vilje og tillid til, at Brunelleschi ville høste de nødvendige erfaringer og drage de rette konsekvenser undervejs i det praktiske arbejde. Intet moderne ingeniør- eller arkitektfirma ville tegne en så risikofyldt konstruktion, intet forsikringsselskab forsikre det mod en rimelig præmie, og ingen offentlig myndighed godkende projektet.

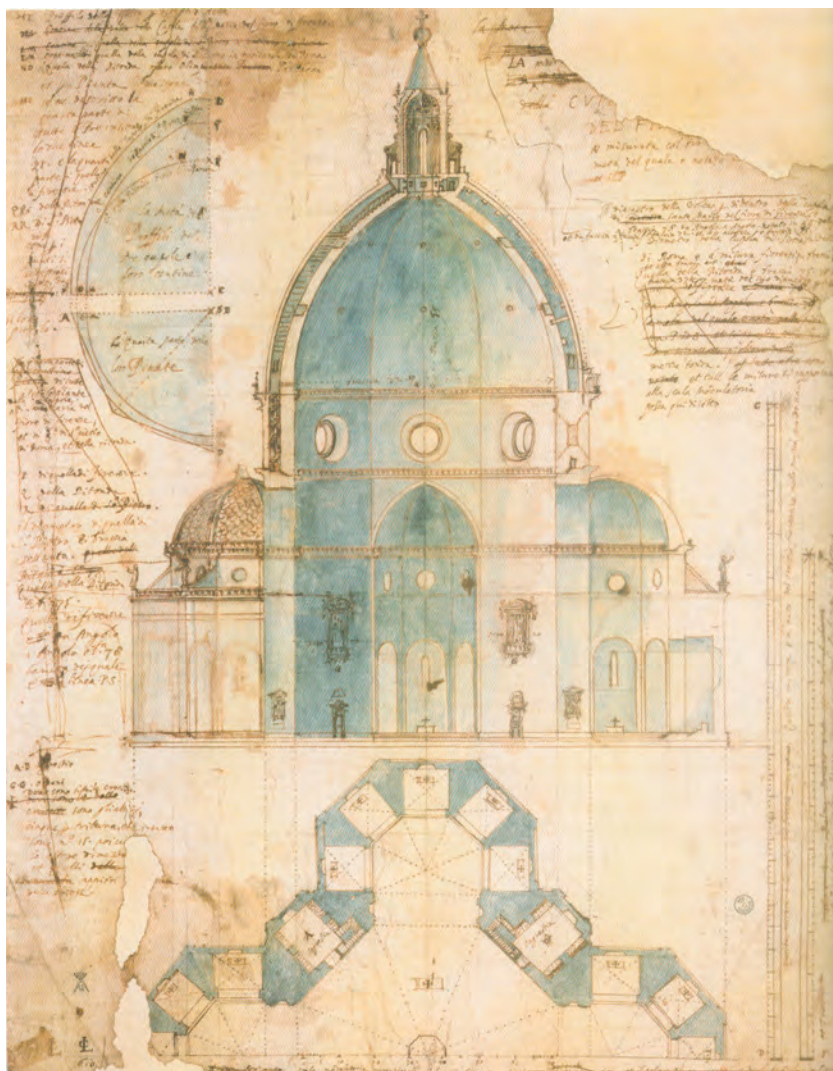
Ludvico Cigolis rekonstruktion af Brunelleschis kuppel. 16. århundrede. Uffizierne.

Med en spændvidde på 42 meter og hævende sig 80 meter over grundplanet var kuppelen da største i verden, betragteligt større end antikkens Panteon, og stor nok

til – med Leon Battista Albertis ord – ”at rumme hele Toscanas befolkning i sin skygge” (2000:243). Og de otte marmor beklædte spænd over de røde teglsten forle-nede spidsbuen med en unik lethed. De mere end 4 millioner mursten, over 25.000 tons sten, mørtel, træ, jern og andet bygge-materiale, så ud som holdt det sig selv i spænd uden at falde ind i sig selv. Som verdsligt vartegn viste kuppelen vejen til og storheden af det genrejste Firenze. Og som religiøst symbol rejste den sig mod himme-len uden nogen synlig støtte, øjensynligt hvilende i sit eget spænd.

Grundsten til den nye domkirke var lagt mere end et århundrede tidligere, i 1296, men endnu i 1390 stod kirken med den romanske facade og sidevæge som en ruinagtig torso. Associationer og henvisninger til Babels hovmodige folk, som Det Gamle Testamentes strenge Gud havde spredt ”ud over hele jorden”, da de forsøgte at bygge ”en by og et tårn hvis top nåede til himmelen”, var nærliggende og udbredte. Men trods strejker blandt arbejderne, dårligt vejr og krigen mod Lucca kunne Medicinen, pave Eugenius IV., indvie den afrundede kirkes nye kuppel efter kun 16 år og 2 uger, på Kristi Himmelfarts-dag i 1436. Den lille norditalienske bystat havde overgået antikkens pragtværk – uden hverken den nordlige gotiks ydre støttepiller, den italienske gotiks synlige indre bånd eller de massive stilladser samtiden ellers anså for nødvendige.

Forståelsen af kuppelens bærende principper blev dog hurtigt omgærdet med uvidenhedens og uvishedens mystik. Den færdige kuppel havde slettet sporene af sin egen konstruktion ved i bogstavelig forstand at mure dem ind i bygningsværket. Konstruktionen var lige så mystisk som storslået. Ludvico Cigolis tegning fra det 16. århundrede, der viser det tværsnit som



ingen kunne se, er måske det bedst kendte af de følgende århundredes mange forsøg på uden viden og indsyn at rekonstruere sig til en forståelse af kuppelens bærende principper. Rygterne talte om "skjulte hemmeligheder", som Brunelleschi havde taget med sig i graven. Og gennem de seks århundreder, hvor man ikke vidste, tyede man ofte til metaforer fra "naturen". Allerede Leon Alberti besang således kuppelen som en "naturlig organisme", og endnu i 1970'erne beskrev ingeniøren Howard Saalman dens "biologiske komponenter".

Emnet for dette essay er de videns- og mentalitetsformer, den unikke kombination af vilje og tillid, viden, ikke-viden og viden om ikke-viden, samt erfaring, vished og tavs viden, hvormed kuppelen blev besluttet og byggeriet udført – ikke kuppelens arkitektoniske form og tekniske beskaffenhed. Forudsætning for dette fokus er de nye indsigter i konstruktions bærende principper fra de sidste årtiers højteknologiske analyser og restaurering af kuppelen (Mainstone 1970, Saalman 1980, Fanelli & Fanelli 2004). Omfattende kildesamlinger (Gausti 1857 og Hyman 1974), biografier (Battisti 1981, 1989), monografier (Prager & Scaglia 1970, Saalman 1980) og rapporter fra CRIS-ENEL's målinger siden 1985 har givet tilgang til og oversigt over materialet. Den vigtigste inspiration har dog været nyere teoretiske diskussioner om tavs viden (Polanyi 2000), om vished og regler (Wittgenstein 1971, 1989), om perceptions- og udviklingspsykologi (Piaget 1965, 1972), om erfaring og "learning by doing" (Dewey 1939), samt om risiko (Beck 1997), forsikring (Ewald 1991) og sandsynlighed (Hacking 1975). Disse nyere teoretiske problemstillinger har ført til en nylæsning af centrale samtidsskildringer (Alberti 2000, Gausti 1857, Manetti 1970,

Vasari 1991). Men da uformaliserede videns- og mentalitetsformer af gode grunde er dårligt dækket i skriftlige kilder, er essayet mest af alt nye spørgsmål og mulige forklaringer, analogier, teoretiske rekonstruktioner og mulige spekulationer til videre diskussion og senere afprøvning.

Det følgende afsnit skildrer bygherren *Opera del Duomo's* beslutning om at påbegynde konstruktionen af kuppelen med vilje og tillid til bygmesteren, men vel vidende at de ikke vidste hvordan og dermed om det ville være muligt at fuldføre den. De to næste afsnit rekonstruerer hvorledes bygmesteren Brunelleschi kan have samlet og omsat sin erfarings tavse viden til en vished, der gjorde det muligt at handle som i overensstemmelse med regler, at følge regler som havde han kendt dem, uden dog at have formaliseret dem. Fjerde afsnit skildrer hvorfor denne tavse vished ikke lod sig videregive som ekspliciteret og regelbundet viden til de udførende arbejdere, *popolo minuto*. Fordelingen af viden førtes derfor videre i en deling af arbejdet, der nærede arbejdernes usikkerhed og oplevelse af risiko, og som igen kan have fundet genklang og begrundelse i det gamle og mere intuitive aristoteliske verdensbillede og dets bevægelselære. Det sidste afsnit betoner endelig hvorledes Vasari og Zuccaros fresko på kuppelens inderside endnu godt et århundrede senere fremstiller og fordømmer netop den foretagsomme vilje uden viden, der havde gjort kuppelen mulig, som den kristne dødssynd hovmod. I dette spænd er kuppelen over *Santa Maria del Fiore* således en unik fortætning og modsætningsfuld enhed af alle de tre "historiske" tidsånder: traditionen, den tidlige renæssance humanisme og det 17. århundredes mod-renæssance, der – med Steven Toulmins karakteristik – kæmpede om overhånd ved modernitetens begyndelse

(1990:45 ff.).

Bygherren: Vilje og tillid, viden, ikke-viden og viden om ikke-viden

Bygmesteren *Opera del Duomo* stillede Brunelleschi over for en bunden opgave med mange føringer: kuppelens spænd var bestemt allerede ved grundstensnedlæggelse i 1296 og dens højde over jorden var dikteret af det ufærdige romanske skib. Som bygmester for Vatikanets nye kirke, hvis kuppel som den første blev større end Santa Maria del Fiore, havde Michelangelo et århundrede senere en anderledes ubundet frihed til i bogstavelig forstand at begynde fra bunden. Peters Kirkens kuppel kunne fra begyndelsen designes og konstrueres som en integreret del af hele byggeriet: dens vægt og pres kunne føres ned og ledes ud i bygningen – ligesom i antikkens Panteon og det romanske kirkebyggeri.

I 1420 talte både de historiske erfaringer og de udarbejdede modeller stærkt imod at påbegynde konstruktionen af kuppelen. Historien var fuld af skræmmende negative eksempler. I Konstantinopel var den mindre kuppel over Hagia Sophia brudt delvist sammen i 1377. I Siena stod domkirken endnu uden kuppel. Og i Firenze viste det langt mindre Baptisterium nu tegn på brud. Trods deres umiddelbare appel tillagde Brunelleschi selv *modeller* ringe værdi. Da strukturerne ikke lod sig overføre til større proportioner, var de en dårlig guide til statik. Men da en stor model af kirken med kuppel, som Arnolfo di Cambio havde ladet fremstille i 1366, faldt sammen under sin egen vægt, tog mange det som et varsel på overmodets hovmod, et tegn til at afstå fra det nye Babelstårn. Brunelleschi så sig derfor nødsaget til at lade en ny og holdbar model bygge – nok mere som overtalelsesmiddel for den skeptiske opinion end som bevis for bygherren og sig selv (jf. Toker 1978).

Det mest detaljerede beslutningsgrund-



Træmodel af kuppelen. Datering usikker, men før 1465. Muligvis af Brunelleschi. Mandragora Guides, 2000.

lag var således Brunelleschis egen sammenfatning af design og byggeplan i et kun to sider og tolv punkters *Memorandum* fra 1420. Knapheden var nok også selvbeskyttelse. Brunelleschi holdt sine kort tæt til brystet. Men tre vigtige konstruktionsprincipper er nævnt og klarerede.

- Formen skulle være spidsbuens, *quinto acuto*, med både større højde og mindre vægt end rundbuen.
- Kuppelen skulle være dobbelt: en ydre ikke-kongruent kuppel skulle rejses over den indre, både for at gøre den "storslået og svulmende" og for "at beskytte mod fugtighed".
- Og endelig omtales både de vertikale sporer og de horisontale cirkler, som Brunelleschi under arbejdet bragte i et unikt støttende samspil.

Uvisheden og usikkerheden om hvordan konstruktionen kunne fortsætte efter det

kritiske punkt ved 30 braccias højde (1 braccia = en arms længde = 0,584 m.), hvor friktionen ikke længere ville holde stenene på plads, fremgår dog også med utilsløret åbenhed af memorandumets punkt 12.

Indtil 30 braccia skal kuppelen opføres som beskrevet ovenfor, uden noget stillads men med ophængte platforme: ud over 30 braccia skal den opføres på den måde der vil blive vurderet bedst og dekretet at de bygmestre der vil blive udvalgt, ... efter hvad der vurderes bedst på det tidspunkt, thi i byggeri er det erfaringen der lærer hvad der må gøres.

Brunelleschis memorandum. Punkt 12. 1320.

Brunelleschis Memorandum er fri for enhver matematisk formel og statisk beregning. De få tal angiver antal, størrelse og vægt – ikke relationer, belastning, spænding eller styrkeforhold. Hér var – med Benvenutos senere karakteristik – intet ”klart begreb om belastning og deformation” (1981). Hér findes ingen af de matematiske symboler som Naturens Bog ifølge Galilei er skrevet i. Efter det kritiske punkt, hvor stenenes friktion ikke længere ville holde tyngdekraften i ave, forelå der ingen plan for fortsættelsen. *Opera del Duomo* besluttede at påbegynde byggeriet vel vidende, at de ikke vidste hvordan og dermed om det ville være muligt at fuldføre den, men med vilje og tillid til bygmesteren.

Bygmesteren: Erfaring og vished

Richard Turner sammenfatter tilspidset, at bygmesteren efter det kritiske punkt måtte

fortsætte ”ved hjælp af *trial and error*, og forsøge at sikre sig i form af udstyr som bærebjælker o. l. ...” (Turner 1997:71). Henvisningen til *trial and error* anskueliggør mangelen på formaliseret forhåndsviden og den risiko og risikovillighed der fulgte dermed. Men bygningen af kuplen var i imponerende grad forsøg uden at fejle – i al fald i stor målestok. Brunelleschi høstede sine erfaringer undervejs, men *trial and error* var ingen nødvendig ledsager til *learning by doing*. Som entreprenør og opfinder, organisator og kontrollant, oparbejdede han en tavs videns vished, der overflødiggjorde *trial and error* i stor målestok.

Bedst kendte blandt Brunelleschis mange opfindelser er nok de hejseanlæg som nu er udstillet mellem de to kupler (og som også Leonardo senere tegnede skitser af). Med både gear og kobling kunne de både hæve og sænke lasten uden at spænde trækdyret fra og vende det. Større opsigt i samtiden vakte dog de skibe eller pramme som transporterede den gode marmor fra Carrara ned ad Arno til Firenze. Allerede i det første byggeår fik Brunelleschi tildelt verdens første patent for – som det hedder i den generelle specifikation – ”en slags maskiner eller skibe hvormed han tror han let og til enhver tid kan bringe varer og last på floden Arno eller enhver anden flod eller vand billigere end tidligere” (jf. Frumkin 1947).

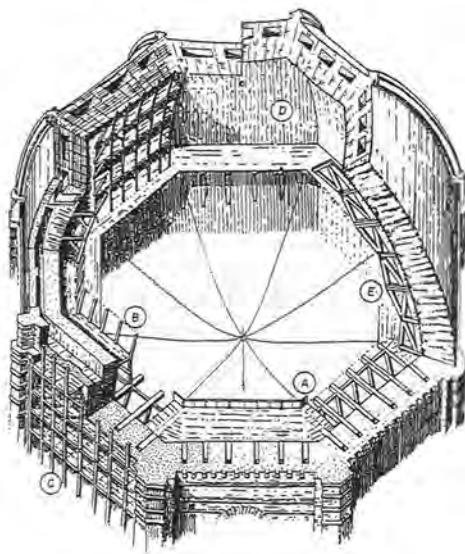
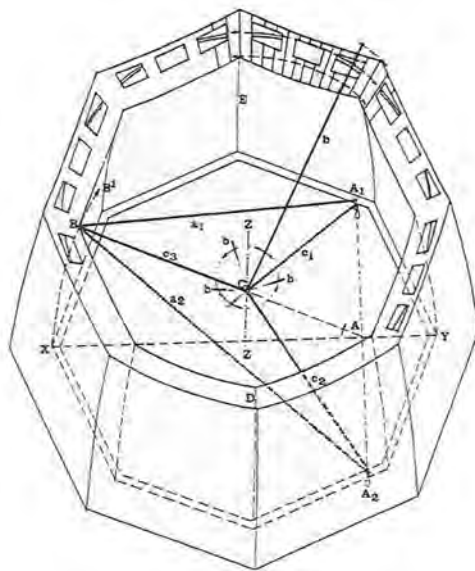
Vi ved meget lidt om hvordan Brunelleschi opnåede og kontrollerede den præcision i arbejdet, der var nødvendig når otte adskilte og hver for sig komplicerede horisontale byggetaper skulle mødes på toppen. De fleste måleinstrumenter havde ikke ændret sig afgørende gennem middelalderen. Murerne og stenhuggerne brugte således stadig loddesnore. Enkelte kilder fra det sekstende århundrede nævner, at Brunelleschi lod tegne en plan af domkir-

ken i fuld målestok i sandet ved Arnos bredder, men både eksistensen og den mulige funktion af en sådan plan er usik-ker. Det område hvor murstenene blev støbt og tørret kan på tidens afstand have forstørret sig til en hel model i fuld måles-tok. Og en sådan model ville uanset ikke have bidraget meget til at overføre erfaring-erne fra sandets to til kuppelens tre dimen-sioner.

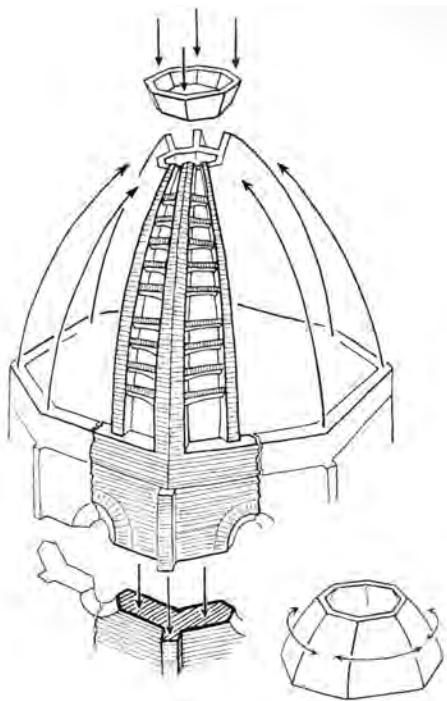
I tillæg til sine mange tekniske opfind-elser tilskrives Brunelleschi også opdagelsen af det lineære perspektiv, den geometriske fremstillingen af objekters størrelsesforhold i rummet – eller en måde at fremstille et billede som analogi til den visuelle virkelig-hed (Kemp 1978:151, 158). Fem år inde i byggeriet, netop omkring den tid da kup-pelen nærmede sig de 30 braccias højde, placerede Brunelleschi i et kendt eksper-i-ment ved Baptisteriet en slags skærm mel-lem øjet og hjerne, som gjorde det muligt at se perspektivlinier der konvergerede i forsvindingspunktet fjernest muligt fra øjet (Kemp 1990:103). Eksperimentet gik altså fra empirisk måling til konstruktion af per-spektiv. Men det er nærliggende og muligt

at bygmesteren Brunelleschi under arbejdet har vendt svaret på maleriets spørgsmål om, hvordan ”synsindtrykket kan efterlignes for at skabe en illusion af virkeligheden” til bygmesterens spørgsmål om, hvordan ”en fjern virkelighed kan måles med udgangs-punkt i synsindtrykket” (Ibid:102, jf. i øvrigt Argan 1946). Med en sådan i og for sig ganske nærliggende ”omvendt” anv-en-delse har Brunelleschi kunnet nyttiggøre sig perspektivets indsigter som substitut for direkte målinger.

Kunsthistorikeren Thomas Krämer har nylig anskueliggjort hvorledes byggetiden og den færdige konstruktion havde hver sin statik: under bygningen fungerede en verti-ka-l ”sfærisk statik”, efter fuldførelse en horisontal ”sildebens statik” (2001:21). Hver enkelt sten indgår altså i både en ver-ti-ka-l og en horisontal bue og kan således holdes på plads af trykket fra det omkring-liggende murværk. Og konstruktionen kan således føre og lede vægten ned ad uden at miste den stabiliserende virkning fra kup-pelens horisontale kredse (2001:62). Fanelli & Fanelli sammenfatter samstem-mende, at Brunelleschi løste problemet ved



To mulige metoder for kon-trolmålinger. Mainstone, 1977 & Ippolito-Peroni, 1997.



Den vertikale og den horisontale statik. Efter Krämer, 2001.

at lægge "hvert successivt lag af sten som en lukket ring, der var forbundet med de øvrige ringe gennem rækker af vertikalt skrånende mursten ... inde i bygningsværket". Kuppelen kunne således rejse sig som en "selvunderstøttende struktur" (2004:22), der samtidig skjulte sine spor og gemte sin forklaring. I Brunelleschis kuppel er alt tilsyneladende optimalt tilpasset. Hver enkelt sten er funktionelt integreret i to dimensioner.

Kuplen over Santa Maria del Fiore har intet unødvendigt, ingen umotiverede tomrum, ingen tilsyneladende overflødige tilføjelser, og ingen af de "spandrels", som udviklingsbiologerne Gould og Lewontin har brugt som illustration af deres kritik af adaptionismen, dvs. troen på tilpasning som evolutionens primære årsag (1979). De senere fint dekorerede spandles i San

Marco, Venedig, er nødvendige biprodukter og tilføjelser hvor to rundbuer mødes i en ret vinkel. De er altså oprindeligt udviklet af helt andre grunde end deres senere brug, og som sådan også en positiv illustration af Gould og Lewontins alternativ til adaptionismen: den punktuelle ligevægt.

Kuppelen over Santa Maria del Fiore illustrerer adaptionismens tankeform, lige så godt som spandlerne i San Marco illustrerer den punktuelle ligevægts tankeform. Men som argument for evolutionens mekanismer er begge lige vilkårlige. Både Santa Maria del Fiore og San Marco havde bygherrer og bygmester med en masterplan, der ikke findes i naturens evolution. Kuppelformer kan illustrere evolutionsbiologiske tankeformer, men de er intet argument for evolutionens reelle selektionsmekanismer.

Bygmesteren: tavs viden og regler

Brunelleschi er et centralt omdrejningspunkt for Edgar Zilsels kontroversielle tese om håndværk og videnskab, hvorefter "real science" først opstod omkring 1600, da de akademisk uddannede lærde overvandt deres fordomme mod det manuelle arbejde og håndværkernes eksperimentelle metode vandt frem. I Zilsels syntese er Brunelleschi den første og største blandt de håndværkere eller kunst-ingeniører, der udviklede teknologien ved siden – og ofte uafhængigt – af både universiteternes skolastikere og den nye humanistiske dannelse (1942:550-551, jf. også Jardine 2003). Brunelleschi giver inspiration og eksempel til efterfølgelse i de næste to århundreder fra kuplen stod færdig til Zilsels nye videnskab. Men Brunelleschi var ingen "forløber" i moderne forstand. Der var ingen direkte overførsel af viden fra Brunelleschis erfaringer til den nye videnskab. Den sene renæssance havde ingen formaliseret og overførbare

viden om kuplens konstruktion.

Et halvt århundrede efter kuplens indvielse, men et århundrede før Zilsels ”virkelige videnskab”, skrev Leonardo da Vinci i sine *Notatbøger*, at ”ingen menneskelig opdagelse fortjener at blive kaldt viden før den er vist ved matematisk demonstration” (citeret efter Rowland 2003:35). Denne absolutte – og siden uredigerede – maksime var måske blot en forsøgsvis afprøvning af en idé. Men Leonardos krav til matematisk demonstration som kriterium for sand viden er en virkningsfuld kontrast til den tavse vished bag Brunelleschis kuppel. Samtiden besad endnu ikke det matematiske værktøj for at indfri Leonardos ideal, men måske netop derfor kredsede han ofte om den matematiske demonstration af kræfters gensidige styrkeforhold. En typisk formulering fra *Notatbøgerne* i 1493 viser både den formelle angivelse af variablerne og den endnu åbne og uformaliserede bestemmelse af relationen mellem dem.

Først endnu et århundrede senere fore-

”Weight **m** will exert upon counterweight **n** as many different exertions as its positions are varied when shifted along the beam. It is indeed evident that **n** will suffer a different exertion when the weight is in **h** and when it is at **a** ...” (1974:142).

Leonardo da Vincis ”matematiske” demonstration. 1493.

lå de matematiske forudsætninger for at beregne også ”strukturers statik og materialers styrke” (Fanelli & Fanelli 2004:203). Og så sent som i 1970 publicerede strukturingeniøren Roward Mainstone en formel for ”ligevægt af kuppelens elementer”, der gjorde det muligt at beregne variationer

$$\left(\frac{d}{d\theta}\right)(rN_{\theta}) - r_1 N_0 \cos \theta = -P_{\theta} r r_1$$

$$\frac{N_{\theta}}{r_1} + \frac{N_0}{r_2} = P_r$$

$$N_{\theta} = \frac{1}{r_2 \sin^2 \theta} \left[\int r_1 r_2 (P_r \cos \theta - P_{\theta} \sin \theta) \sin \theta \, d\theta + C \right]$$

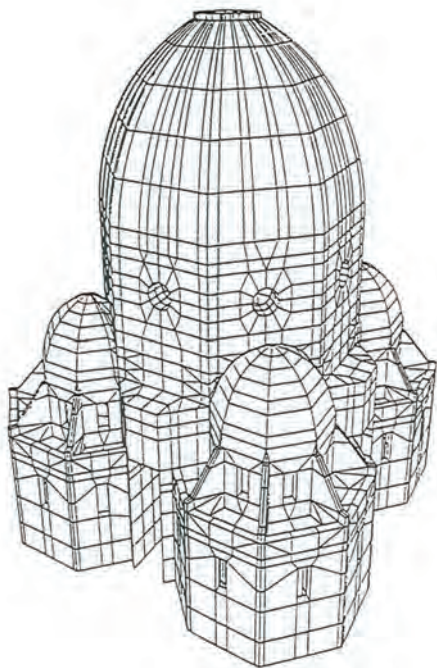
over ”N = kraft pr. enhed længde”.

Mainstones ”ligning” for ligevægt af kuplens elementer. 1970

Den matematiske dokumentation for konstruktionens grænse, som allerede Leonardo efterlyste, forelå endelige, da ligningens variabler blev fyldt med nye data hentet ud fra kuppelens hemmelige indre ved bl.a. røntgenfotografering. Og en plotting af de nye mål mod de teoretiske grænser viste – ikke overraskende – at byggeriet i alle dets faser havde været sikkert inden for grænseværdierne.

Siden 1985 har Universitetet i Firenze i samarbejde med CRIS-ENEL opmålt kuppelen og bearbejdet de indsamlede data efter *The Finite Element Method*, en strukturel data-analyse, der – i forlængelse af Mainstones ligning – interpolerer ”en approksimativ løsning for et system af differentiell-ligninger under usikre grænsebetingelser” (Fanelli & Fanelli 2004:235). Og også disse modelberegninger viser, at den største trussel mod kuppelens stabilitet ikke kom fra ”den permanente vægt”, men fra ydre forhold som ”de mulige effekter af dynamiske kræfter, specielt de der måtte følge af jordskælv over en vis størrelse” (Ibid.: 259).

Brunelleschis praktiske vished var problemorienteret og uformaliseret som Michael Polanyis ”tavse viden”, men opfyldte kun tre af dens fire karakteristika. Brunelleschis vished gav gyldigt kendskab til problemet, den gjorde det muligt at forfølge problemet, og den rummede en gyldig forventning om de endnu ubestemte



Finite Element Net. 2004. CRIS-ENEL. Fanelli & Fanelli, 2004.

implikationer (Polanyi 2000:32). Men Brunelleschis vished var også en foregribelse: den viste til et endnu ikke eksisterende – ikke blot som hos Polanyi – til et fjernt objekt. Som Brunelleschis vished var således også en overgangsform mellem Polanyis to grundlæggende vidensformer: den var ikke blot den *traditionalismen* som kræver at vi tror før vi ved og for at kunne vide, men endnu heller ikke den *videnskabelige rationalisme* som bare vil la os tro eksplicitte udsagn afledt fra data ved en formal slutning” (jf. Polanyi 2000:65).

Som led i tilbageføringen af ordene fra deres metafysiske mening til deres dagligdags anvendelse søgte den ældre Wittgenstein også en pragmatisk forståelse af regel-anvendelse. ””At følge en regel” er – skrev han således – ikke en ”tydning”, men en ”praksis”” (1971:§ 201, § 202). ”Grammatikken for ordet ”viden”, er åbenbart nært

beslægtet med grammatikken for ordet ”kunnen”, ”være i stand til”. Men også nært beslægtet med grammatikken for ordet ”forstå”. (”Beherske” en teknik.”) (1971:§ 150). Også disse formuleringer forudsætter dog, at anvendelse af regler omsætter eller praktiserer en tidligere indhøstet og formaliseret viden. Uden regler, ingen anvendelse! Brunelleschi konstruerede imidlertid sin kuppel helt uden noget ”abstrakt begreb om belastning overhovedet” (Mainstone 1970:126), og har således også i praksis handlet i overensstemmelse med regler uden at kende dem. ”Mainstones ligning” og CRIS-ENELs datamodeller er post festum rekonstruktioner af regler, som Brunelleschi – følgende den ældre Wittgensteins sprogbrug – i praksis har fulgt uden dog at kende dem.

Pamela Smith har nylig argumenteret for, at *handlen* og *viden* eller *kunst* og *videnskab* allerede i den tidlige renæssance var langt mere sammenvævet end antaget af bl. a. Zilsel. Den visuelle tænkning var derfor en ”afgørende ... motor for Den Videnskabelige Revolution” (Smith 2006: 83). Brunelleschis praktiske vished kan tages til indtægt for en sådan tidlig og tæt forbindelse mellem kunstens handlen og videnskabens viden. Men Brunelleschis kunst var anderledes intervenserende end hos Smith, hvis eksempler hovedsageligt er illustrative imitationer af naturen i den tidlige bogtrykkerkunstens videnskabelige værker. Kuppelens unikke form var netop ikke kun ”imitation af naturen”. Selvom Brunelleschi endnu ikke havde den rationelle videnskabs sprog og bevisformer, var han klar over at naturens former ikke lod sig imitere i den målestok.

Byggearbejderne: Arbejdsdeling, frygt og den aristoteliske intuition

Med sin deltagelse i og kendskab til alt – fra det store design til den mindste detalje – var bygmesteren Brunelleschi godt stof til Manetti og Vasaris mytologisering af det alsidige renæssance-geni. Men medregnet stenhuggere og bærere var op mod 800 arbejdere engageret på byggepladsen. Firenze havde den højeste andel læsekyndige i nogen europæisk by – formodentlig over en tredjedel af den mandlige befolkning – men det store flertal af arbejderne var *popolo minuto*, i samtiden ofte omtalt som ”mænd uden navn og familie” (jf. Cohn 1980), mange af dem indvandret øst fra efter Den Sorte Død (Origi 1955). Seks dage om ugen arbejdede de, fra daggry til skumring, om sommeren altså op til 14 timer, der blev talt af sand i timeglas.

Zilsel betoner med rette at arbejdsdelingen imellem håndværkets professioner var ringe udviklet. De samme *artist-engineers* arbejdede ofte i flere fag (1942:551). Men kuplen over Santa Maria del Fiori blev bygget i en stærk arbejdsdeling mellem *artist-engineers* og *popolo minuto*. Følgende Aristoteles’ dengang endnu udbredte distinktion har Agnes Heller karakteriseret hovedparten af renæssancens arbejde som *banausis*, egnet til at udføres af slaver, ikke *techné*, de frie mænds skabende arbejde (1978:394 ff.). Selvom dele af arbejdet krævede håndværkets færdigheder og præcision, var hovedparten så enkelt og standardiseret, at det kunne udføres som gentagelse af sig selv i enkelte operationer, uden viden om og forståelse for helheden.

Brunelleschis organisering af arbejdsdelingen havde dog også elementer der lige så meget pegede frem imod det senere industrielle massearbejde (Goldthwaite 1980). I stedet for enheden i *learning by doing*, var *learning* og *doing* til dels fordelt på forskel-

lige grupper, som adskillelse af *viden* og *praksis*, *begreb* og *udførelse*. Brunelleschis indsigt forelå som skildret i en form, der ikke gjorde det muligt at videregive den som formaliseret viden til arbejderne. Og arbejdernes viden var – i Polanyis sprogbrug – kendskab til dets ”enkelte dele” (2000:28 ff.). Men arbejdsdelingens kontrol var her – i al fald delvist – nødvendig fordi bygmesterens vished ikke lod sig videregive til arbejderne som formaliseret viden. Den var ikke – som i den senere *scientific management* – strategisk og kalkuleret tilbageholdelse af viden.

Den samtidige Manetti beretter at kuppelens første kredse blev bygget ”uden besvær og frygt fra arbejderne”, men beskriver også hvordan både de reelle farer og arbejdernes bevidsthed om dem herefter steg næsten kreds for kreds (1970:82 ff.). Flere arbejdsulykker med døden til følge bekræftede den reelle risiko. Og Lorenzo Ghibertis advarsel til bygherren i 1425 gav frygten stemme og yderligere næring. Ghiberti havde – med rette, ved vi nu – set og indset, at den ydre kuppels hældning var for lav til at nå den bestemte form *quinto acuto*. Og dette afvig ville – stadig ifølge Ghiberti – føre til at kuppelen blev ”strukturelt usikker”, hvorfor han fandt det nødvendigt at advare *Opera del Duomo* mod den opståede ”fare for sammenstyrtning” og fraskrive sig selv alt ansvar.

(Fejlene) er sket på grund af uvidenhed og fordomme hos de, der blev betroet at udføre byggeriet og som bliver godt betalt og kompenseret for det. Og jeg skriver dette for at jeg ikke skal være delagtig og uden skyld, hvis bygningen bliver ødelagt og står i fare for at styrte sammen, således som al fornuft tilsiger at det vil ske (citeret efter King 2000: 89).

Arbejdernes oplevelse af byggeprocessen er endnu dårligere belyst og mindre kendt end Brunelleschis nye *scientia activa et operativa*, men vi ved fra andre sammenhænge, at deres risiko og frygt til tider fandt genklang og en mulig begrundelse i det overleverede aristoteliske verdensbillede. Uden forklaring og forståelse af helheden, var vejen ”tilbage” til den aristoteliske bevægelseslæres immanente realisme med dens statiske hierarki og indbyggede formål både kort og nærliggende. Her som dér dominerer klassifikationens logik over relationens logik (Jvf. Piaget 1972:49 og Piaget 1965: 298).

Det aristoteliske verdensbillede støttede sig – med Harald Høffdings ord – ”på det synsindtrykket syntest at lære” (1935 Vol I:79). Også det nye verdensbilledes fader, Galileo, delte den indsigt, da han sin Salviati belære dogmatikeren Simplicio om, at det nok var bedre at forklare himmelens uforanderlighed med, at ”mine sanser fortæller mig det” end med, at ”Aristoteles ræsonnerede sig frem til det” (1953). Det velordnede aristoteliske verdensbillede var uformidlet sanseindtryk lige så meget som teoretisk skolastik, umiddelbar oplevelse lige så meget som reflekteret verdensanskuelse. Uden nærheden til sansernes umiddelbare vidnesbyrd var dets store gennemslag og indflydelse i to årtusinder næppe tænkelig.

En anonym tegning fra det 16. århundrede, formodentlig en illustration til Tommaso Campanellas *Città del Sole*, anskueliggør på sin omvendte måde hvorledes kosmos for den, der blot ”så” med det blotte øje – uden hverken kikkert eller teoretisk korrelat – faktisk ”så ud” som i det aristoteliske verdensbillede (jf. Tod & Wheeler 1978). For den ureflekterede, der blot bruger synet og tror dets umiddelbare vidnesbyrd, ”ser” det ud som om de tunge



legemer undgår deres iboende tendens til at falde, fordi de er fæstet på gennemsigtige statiske sfærer. For at indse den reelle dynamik og uorden bag den øjensynlige statiske harmoni, må munken bryde sig ud på den anden side af de imaginære sfærer, som himmellegemerne tilsyneladende er fæstet på. Indsigt i de reelle forhold opnår kun de, der som den kætterske munk har nysgerrighed og mod til at se bag og gennem de imaginære sfærer. Verden er mere kompliceret end både synets umiddelbare vidnesbyrd og Aristoteles forklaring. Men – som tegningen anskueliggør – må man ”indse” det, før man kan ”se” det.

Det sekstende århundredes verdenssyn. The Mansell Collection.

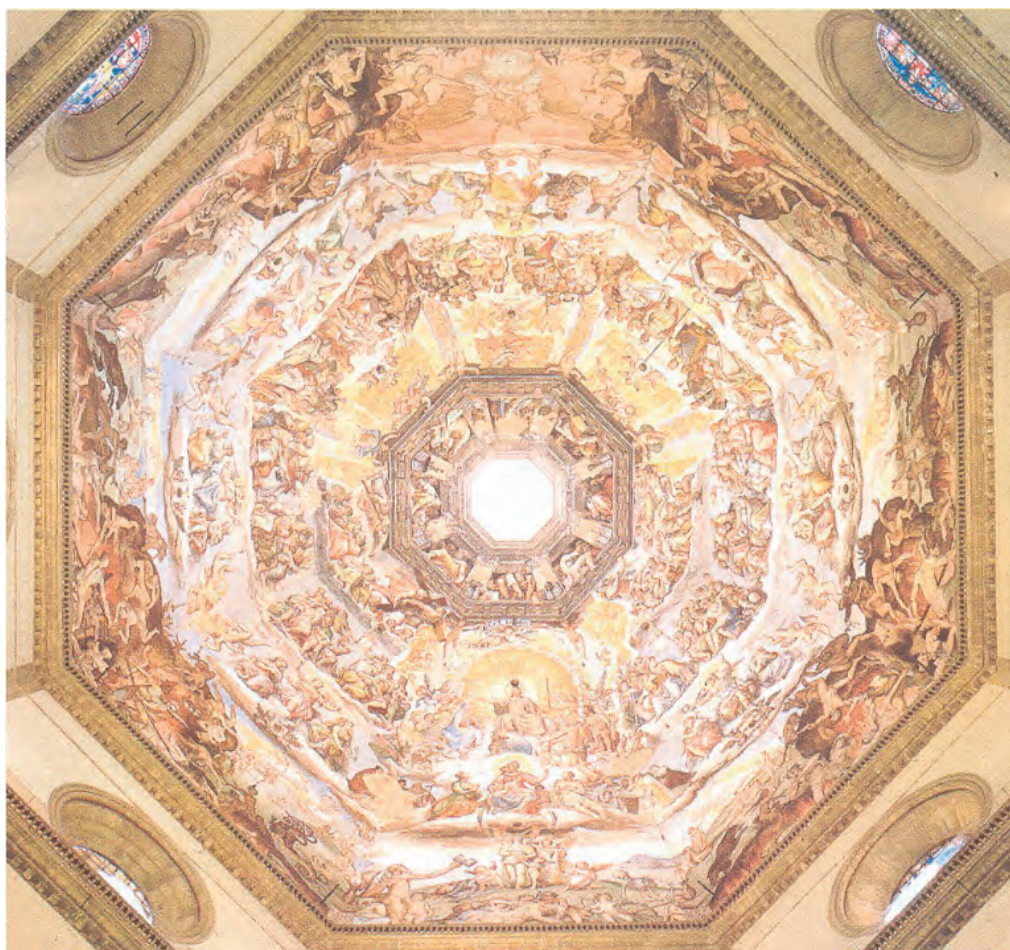
Vasari og Zuccaros fresco: Hybris og hovmod

Den fresco hvormed Giorgio Vasari og Federico Zuccaro udsmykkede kuppelens endnu tomme inderside godt halvandet århundrede efter dens officielle indvielse udstiller en sidste og paradoksalt modsig-

sesfuld eller underfundig ironisk forståelse af kuplens konstruktion. Fordømmelsen af hovmodet, *superbia*, den første af de syv dødssynder for hvilke Romerkirken ingen tilgivelse gav og dens Gud heller ingen nåde fandt, er her atter et centralt budskab. Afbildningen af hovmodets straf med evig fortabelse følger på sin vis både traditionens ikonografi og modreformationens lære – og peger som sådan både tilbage før og frem efter kuppelens konstruktion (jf. Toulmin 1990:167 ff.). Men afbilledet på kuppelen over Santa Maria del Fiore er budskabet nær en performativ selvmodsigelse: uden det radikale hovmod bag viljen til at bygge på trods af både doxa og erfaring, ville den gigantiske kuppel, som freskoen er malet

på, aldrig være blevet til. Hvis freskoens verdensbillede havde haft magt således som det havde agt, ville den kuppel freskoen er malet på aldrig være blevet påbegyndt og slet ikke fuldendt. Kuplens form modsiger eller dementerer med en underfundig ironi freskoens indhold.

På den høje og kolossale kuppel ville kun et meget groft design være synligt fra kirkegulvet. Men Vasari valgte at fylde kuppelen med en tæt og kompleks billedflade i fem koncentriske kredse, tre på mørk og to på lys baggrund. Den dominerende nederste kreds udstiller Helvede befolket af de fordømte, overdrevne enkeltkroppe i voldsomme bevægelser, gestikulerende skeletter og kæmpemæssige dæmoner med treførke.



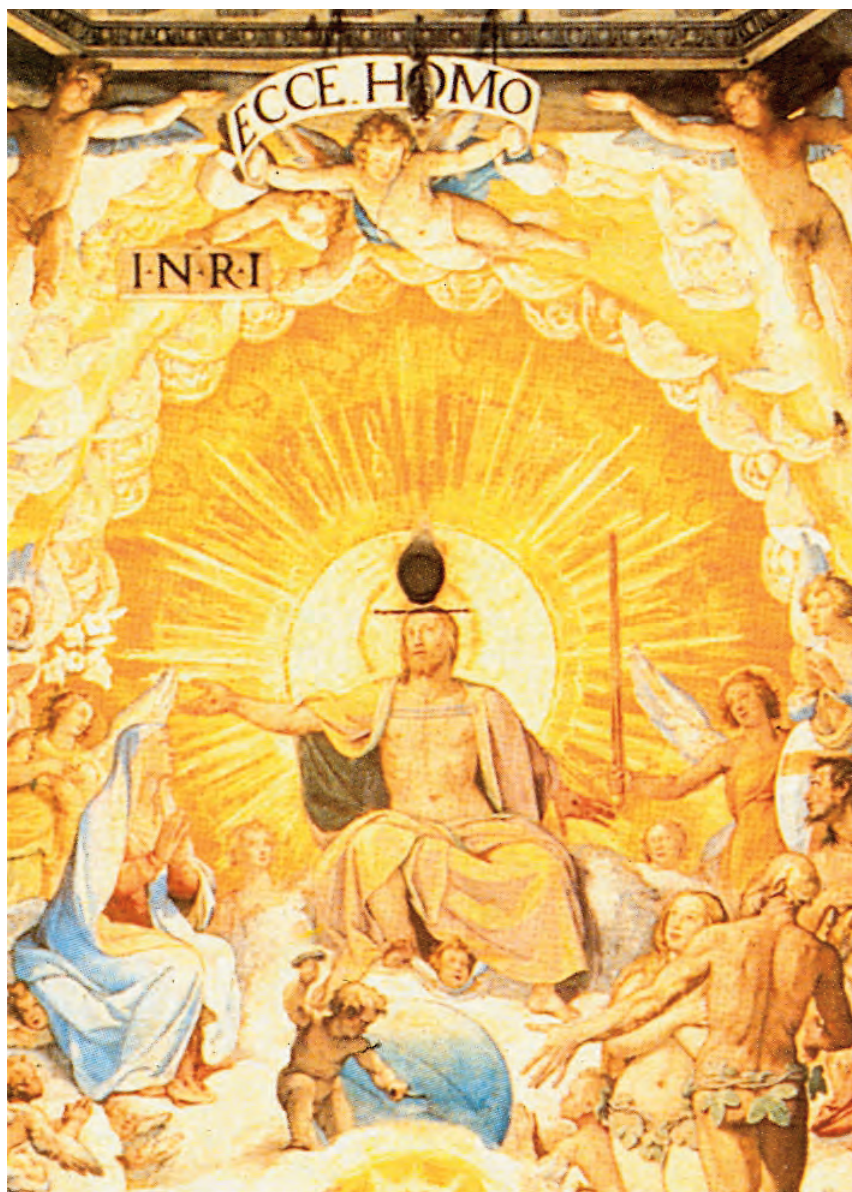
Vasari og Zuccaros fresco.
Mandragora Guides, 2000.

Den mellemste kreds, verdens centrum mellem Himmel og Helvede, fremviser både de tre kardinaldyder og samtidens Firenze med sine verdslige helte som Zuccaro, Borghini – og Vasari selv! Og i den sidste kreds, i lyset under lanternen øverst i kuppelen, troner Kristus som verdensdommer. Både komposition og udtryk bryder dog traditionens ikonografiske fremstilling af ”retfærdighedens treenighed”. Kristus troner i en positur som fordømmende anklager, snarere end som retfærdig dommer. Og Maria, der traditionelt er barmhjertighedens indslag i retfærdigheden, er blot endnu en af de mange figurer i det store tableau.

Et par af Firenzes andre store sønner, som begge faldt i unåde, men senere blev rehabiliteret og nu er gravlagt under kuppelen, sætter ”tilbagefaldet” i freskoens fordømmelse af hovmodet i relief. Også når den gryende foretagsomhed blev fordømt som hovmod, tog begge dens parti mod den kristne ydmyghed. Dante Alighieri, der selv blev forvist fra Firenze endnu mens kirken stod uden kuppel, forskånede således Babelstårnets bygmester for Helvedes evige fortabelse. I den første af Skærsildens ni kredse, hvor pinslen ”længst, til dommedag kun varer”, skuede Dante også

... Nimrod som forvirret fare omkring sit store værk, med sære skikke, og se på den hovmodige folkeskare (1966:186, 192).

Og også Niccolo Machiavelli, der havde tjent republikken før kuppelen fik sin fresko, mødte fordømmelsen af foretagsomhed som hovmod og dens straf med evig fortabelse med foragt. Belønning og straf tilfaldt og ramte de forkert. På dødslejet betroede han således ”hovmodigt” for de forsamlede venner, at han ”ville blive lykkeligere i



Helvede, hvor han kunne diskutere politik med den antikke verdens store mænd, end i Himmelen, hvor han ville kede sig til døde blandt de udvalgte og hellige” (Viroli 2000:3).

Ecce Homo. Detalje af Vasari og Zuccaros fresco. Verdon, 2000.

Litteratur

- Alberti, Leon Battista 2000 (1436). *Om Billedkunsten*. København, Nyt Nordisk Forlag.
- Argan, Giulio Carlo 1946. "The Architecture of Brunelleschi and the Origin of Perspective Theory in the Fifteenth Century". *The Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*. Pp. 96-121.
- Battisti, Eugenio 1981. *Brunelleschi: The Complete Work*. London, Thames & Hudson.
- Battisti, Eugenio 1989. *Filippo Brunelleschi. Documenti di architettura*. Milano, Electa.
- Beck, Ulrich 1997 (1986). *Risiko og Frihet*. Oslo, Fagbokforlaget.
- Benvenuto, E. 1981. *La Scienza della Costruzioni e il suo sviluppo storico*. Florence, Sansoni.
- Cohn, Samuel Kline Jr. 1980. *The Laboring Classes in Renaissance Florence*. New York, Academic Press.
- Dante Alighieri 1966 (1472). *Den guddommelige komedie*. København. Gyldendal.
- Dewey, John 1939. *Intelligence in the Modern World*. New York, Random House.
- Ewald, Francois 1991. "Die Versicherungsgesellschaft". S. 288-301 i: Ulrich Beck (edt.) *Politik in der Risikogesellschaft*. Frankfurt am Main, Suhrkamp.
- Fanelli, Giovanni & Michele Fanelli. 2004. *Brunelleschi's Cupola. Past and Present of an Architectural Masterpiece*. Mandragora, Firenze.
- Frumkin, Maximilian 1947-49. "Early History of Patents for Invention". *Transactions of the Newcomen Society*. 26: 47-55.
- Galileo, Galilei 1953 (1632). *Dialogue Concerning the Two World Systems – Ptolemaic and Copernican*. New York, Doubleday Anchor.
- Gausti, Carlo 1857. *La Cupola di Santa Maria del Fiore*. Florence.
- Goldthwaite, Richard A. 1980. *The Building of Renaissance Florence. An Economic and Social History*. Baltimore and London, The John Hopkins University Press.
- Gould, S. J. & R. C. Lewontin 1979. "The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme". *Proc. R. Soc. Lond. B* 205: 581-598.
- Hacking, Ian 1975. *The Emergence of Probability*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Heller, Agnes 1978 (1967). *Renaissance Man*. London, Routledge and Kegan Paul.
- Hyman, Esabelle (ed.) 1974. *Brunelleschi in Perspective*. New Jersey, Prentice-Hall.
- Høffding, Harald 1935. *A History of Modern Philosophy. From the Close of the Renaissance to our own Day*. Vol I. London. MacMillan and Co.
- Ippolito, I & Peroni C. 1997. *La cupola di Santa Maria del Fiore*. Rome. NIS.
- Jardine, Nicholas 2003. "Zilsel's Dilemma. Essay Review". *Annals of Science*. 60:85-94.
- Kemp, Martin 1978. "Science, Non-science and Nonsense: The Interpretation of Brunelleschi's Perspective". *Art History*. Vol. I, No 2:134-161.
- Kemp, Martin 1990. *The Science of Art. Optical themes in western art from Brunelleschi to Seurat*. New Haven and London, Yale University Press.
- King, Ross 2000. *Brunelleschi's Dome. The Story of the Great Cathedral in Florence*. London, Chatto & Windus.
- Krämer, Thomas 2001. *Die Grosse Kuppel von Florenz*. Stuttgart, Verlag Freies Geistesleben.
- Mainstone, Rowland J. 1970. "Brunel-

- leschi's Dome of S. Maria del Fiore and some Related Structures". *Transactions of the Newcome Society*. 42 (1967-70):107-126.
- Mainstone, Rowland J. 1977. "Brunelleschi's Dome". *Architectural Review*. Sept: 157-66.
- Mandragora Guides. 2000. *The Opera del Duomo Museum in Florence*. Florence, La Mandragora.
- Manetti, Antonio di Tuccio 1970 (1480erne). *The life of Brunelleschi*. Pennsylvania State University Press.
- Origo, Iris 1955. "The Domestic Enemy: The Eastern Slaves in Tuscany in the Fourteenth and Fifteenth Centuries". *Speculum: A Journal of Medieval Studies*. Vol. XXX. No. 3: 321-56.
- Piaget, Jean 1965 (1930). *The Child's Conception of Physical Causality*. New Jersey, Littlefield, Adams & Co.
- Piaget, Jean 1972 (1965). *Insights and Illusions of Philosophy*. London, Routledge & Kegan Paul.
- Polanyi, Michael 2000 (1966). *Den tause dimensjonen. En introduksjon til taus kunnskap*. Oslo, Spartacus forlag.
- Prager, Frank D. and Giustina Scaglia 1970. *Brunelleschi: Studies of his Technology and Inventions*. Cambridge, Mass, The MIT Press.
- Rowland, Ingrid 2003. "The Eyes of Leonardo". *New York Review of Books*. April 10:35-38.
- Saalman, Howard 1980. *Filippo Brunelleschi: The Cupola of Santa Maria del Fiore*. London, A. Zwemmer.
- Smith, Pamela 2006. "Art, Science, and Visual Culture in Early Modern Europe". *ISIS*. 97: 83-100.
- Toker, Franklin 1978. "Florence Cathedral: The Design Stage". *Art Bulletin* 60:214-30.
- Tod, Ian & Michael Wheeler 1978. *Utopia*. New York, Harmony Books.
- Toulmin, Stephen 1990. *Cosmopolis. The Hidden agenda of Modernity*. New York, The Free Press.
- Turner, Richard A. 1997. *Renaissance Florence. The Invention of a New Art*. New Jersey, Prestice Hall.
- Vasari, Giorgio 1991 (1568). *The Lives of the Artists*. Oxford World's Classics. Oxford, Oxford University Press.
- Verdon, Timothy 2000. "Under the heaven of the Dome". *Il Coro di Santa Maria del Fiore dal Rinascimento al 2000*. Florence. Electa: 21-32.
- Vinci, Leonardo da 1974 (1493). *The Madrid Codices. Tratado de Estatica y Mechanica*. Volume I & III. New York, McGraw-Hill Book Company.
- Viroli, Maurizio 2000. *Niccolo's Smile. A Biography of Machiavelli*. New York, Hill and Wang.
- Wittgenstein, Ludwig 1971 (1958). *Filosofiske Undersøgelser*. København, Munksgaard.
- Wittgenstein, Ludwig 1989 (1969). *Om vished*. Aarhus, Philosophia.
- Zilsel, Edgar. 1942. "The Sociological Roots of Science". *American Journal of Sociology*. Vol 47, 4:544-562.

