

Hvor ble det av proporsjonsbegrepet i arkitekturen?

Jørgen Jensenius

Nordic Journal of Architectural Research
Volym 19, Nr 2, 2006, 13 pages
Nordic Association for Architectural Research
Jørgen H. Jensenius, Asker, Norge

Abstract:

[Where did the notion of proportions in architecture go?](#)

The article discusses the concept of proportional systems and questions their relevance in today's architecture. "Proportion" is traced back in time through the history of mathematics, starting with the fulfilment of practical needs in planning and design. The idealization of numbers and ratios, as "perfect" numbers and ratios, were done by the theorists. This axiomatic theoretical mathematics was often intermixed with speculative, cosmological variants, belonging to a tradition calling itself universal, abstract and general. Craftsmen, on the other hand, seldom wrote down their constructive mathematics which was based on their experiences. The paper concludes that systems of proportions may be used, with or without adhering to a neoplatonic view of the world.

Keywords:

Design rules, ideal numbers, order in architecture.

Problemstillingen som skal drøftes her er bruken av begrepet proporsjon i bygningshistorien, hvordan man ved hjelp av tall og forhold har villet skape en tilfredsstillende orden. Artikkelen synliggjør forskjellen på bruk av antall enheter og forhold mellom dem basert på praktisk erfaring, og tallforhold fremkommet ved idealistisk teoretisering. Det blir spurt om bruk av ideelle tall og forhold i arkitektur i dag forutsetter tilslutning til tro på tidløse, universelle lover. Har slike systemer mistet sin relevans når man har etterprøvet statikk?

Det har blitt sagt om bygninger at de har "gode" eller "dårlige" proporsjoner.¹ Med dette menes at de oppleves som å harmonere med omgivelsene i større eller mindre grad, at flater og volumer i bygningene er koordinerte og hvordan de virker på tilskueren. Det er laget omfattende kosmologier rundt begrepet, man har tenkt seg at bygningene var laget ut fra såkalt universelle og tidløse mål og forhold og ved det var brakt i pakt med naturens orden. Det er gjerne antatt at en bygning var designet med antatt rette tall og forhold mellom delene og helheten.² Utgangspunktet for drøftingen av

dette spørsmålet kan finnes i aritmetikkens og geometriens historie. I matematikken er proporsjon definert som en ligning mellom to forhold. Men dagliglivets praktiske mengdelære ble brukt av filosofene til videre abstrahering. Gjennom historien er den konstruktive matematikken nedfelt i noen få håndverksbaserte, tekniske beskrivelser, som oppfattes som lokale, konkrete og spesielle. Den aksiomatiske, teoretiske matematikken, som ofte er blandet sammen med den spekulative, kosmologiske varianten, er en litterær tradisjon som kaller seg universell, abstrakt og generell.

Da Rudolf Wittkower i 1949 ga ut sin bok *Architectural Principles in the Age of Humanism*, ble den ivrig lest av mange arkitekter. I boken la han frem en helhetlig arkitekturteori hvor funksjon og form var knyttet til naturens objektive lover, slik blant andre Alberti hadde sett for seg arkitekturteori. Det er fortalt at mange håpet at en slik nypalladianisme kunne erstatte den kjedelig modernismen, men bokens idéer fikk lite gjennomslag i praksis. Wittkowers bok ble på nytt lest i 1980-årene, da klassiske former fikk sine uttrykk i postmodernismen. Kretsen rundt tidsskriftet "The Classicist" i USA søker på sitt Beaux-Arts inspirerte institutt til Vitruvius som kilden til en perfekt stil og mener at hans planløsninger, søyleordener og tradisjonelle underdelinger av fasadene har i seg tidløse kvaliteter som gikk tapt med modernismen.³ En noe annen innfallsvinkel har Prinsen av Wales. Siden måleenheter gjennom historien var uttrykt ved finger, hånd, arm og fot, viser det at mennesket er del av den matematiske ordenen i naturen. Prins Charles hevder at byer og bygninger får tilbake "humane proporsjoner" ved metaforiske gjengivelser av forhold i menneskekroppen.⁴ På disse måtene bruker man tall og forhold fra arkitektur med helt andre materialer, problemer og løsninger enn man står overfor i våre dager. Imidlertid var det to arkitekter, Le Corbusier og Dom Hans van der Laan, som på midten av 1900-tallet laget hvert sitt gjennomarbeidede proporsjonssystem, som de prøvet ut i egne prosjekter med et samtidig uttrykk.⁵

Utgangspunktet for Le Corbusier (1887–1965) var idéer som kan spores tilbake gjennom Leonardo til Vitruvius, om en verden som er matematisk ordnet, og hvor bygninger må adlyde slike lover. I Le Corbusiers arbeider ble allikevel resultatene nye former.⁶ I sin *Vers une architecture* er han en forkjemper for bruken av Det gyldne snitt og rettvinklede trekkanter som regulerende linjer.⁷ Frem mot 1948 laget han

sin La Modulor, et arkitektursystem som han først kalte "Proportional Grid".⁸ Utgangspunktet hans er pythagoreiske trekkanter.⁹ Le Corbusier er uklar ved at han på den ene siden sier at matematikken er skapt av mennesker for å forstå universet.¹⁰ Men han sier også det motsatte, nemlig at proporsjonssystemer har sin basis i naturen og at denne er styrt av matematikk.¹¹ Det virker imidlertid som om han mente at det fantes "naturlige" proporsjoner og regulerende linjer i geometriske figurer som skapte skjønnhet, særlig uttrykt i menneskekroppens forhold.¹²

Dom Hans van der Laan (1904–1991) var en nederlandsk arkitekt og benediktinermunk som utviklet et svært omfattende arkitektursystem basert på matematiske forhold mellom naturform, menneskelaget kultur og former brukt i religiøse ritualer.¹³ Arkitekturen var for ham en abstraksjon som var påtvunget naturen for at vi skal kunne måle og forstå den.¹⁴ Den endelige analogien transcenderer alle synlige former inn i spiritualitet og mystikk. Han er ikke ute etter "skjønnhet", men etter klarhet i persepsjonen. Utgangspunktet hans er form uttrykt matematisk ved såkalt plastiske tall, uten at han tar hensyn til bruk, materialer eller teknologi.¹⁵ Dette kan sees enten som en begrensning, eller som en måte å nå inn til tingenes essens på. Han kom frem til tallrekker som han brukte i design blant annet av deler av klosteret i Mamelis, Vaals, Nederland.¹⁶

Også Louis I. Kahn (1901–1972) har innpasset nyplatoniske designparametre i enkelte av sine arbeider. Det er påvist bruk av "harmoniske proporsjoner" i The Kimbell Art Museum i Forth Worth, Texas (1966–72).¹⁷ Analyse av design og ferdig bygg viser at Kahn har foretrukket å ha alle dimensjoner i hele fot for å kunne bruke forhold som ligner musikalske harmonier. Slike harmonier har fra gammelt av blitt tillagt å være av en transcendent opprinnelse og del av det ordnede universet. Det synes som om Kahn så på slike forhold i arkitekturen som del av den daglige designprosessen, uten å tillegge dem absolutt verdi.¹⁸

Disse eksemplene på bruk av proporsjonssystemer i nyere tid, viser at pythagorisme, nyplatonisme og palladianisme ikke er glemt, selv om den filosofiske bakgrunnen ikke tydelig utsies hos de nevnte arkitektene. Leseren kan sitte igjen med følelsen av at disse arkitektene ikke skilte helt mellom vitenskapelig stringens og metafysisk inspirasjon.

Proporsjonsbegrepet i historien

1. Bygningsteori

1.1. Gresk og romersk designpraksis

Med *logistikk* mente grekerne det vi kaller aritmetikk, mens *aritmetikk* var det vi kaller tallteori.¹⁹ Aritmetikk med logistikk vokste ut av dagliglivets behov for praktisk kalkulasjon, mens geometrien ble utviklet fra behov ved landmåling og bygging.²⁰ Gradvis ble det fra ulike praksis utviklet formale beviser i matematikk, det ble et skille mellom dagliglivets praksis og matematisk grunnforskning.²¹ Platon siterer Sokrates (ca. 470–399 BCE) som sier at det er forskjell på regning i handel og måltagning i bygging på den ene siden, og geometrien brukt av filosofene på den andre. Han sier at det er to typer aritmetikk og to typer måling med samme navn.²² Den ene typen aritmetikk og måling oppsto i et praktisk behov for telling av sauer, måling av land og kalkulasjon ved bygging av hus. Til bruk i alle livets forhold trengte man en formålstjenlig mengdelære med enheter, forhold og geometriske figurer. Måleenhetene ble tatt fra menneskers hverdag, for eksempel var noen lengdemål knyttet til deler av kroppen. Samtidig med Sokrates levde billedhuggeren Polykleitos fra Argos (ca. 480–420 BCE). Han ble kjent for sin estetiske *kanon*, en målestokk, i bronseskulpturen ”Spydbæreren” (Doryphoros). I denne var forholdet mellom fot og kroppshøyde omtrent 1:6. Senere laget Lysippos fra Sikyon (ca. 370/360 – ca. 310 BCE) en annen kanon, figurene hans hadde forholdet 1:7.²³ Den romerske militæringenjøren Vitruvius beskriver i *De architectura* (31–22 BCE) begge disse kriteriene for skjønnhet.²⁴ Han og andre i hans samtid bruker fortrinnsvis begrepet forhold, *ratio*, både for numerisk kalkulasjon og som geometrisk ekvivalent i arkitekturen. Ratio blir også brukt i overført betydning, som vesen, form, måte, tanke og prinsipp. For å lette arbeidet ved overføring av former mellom ulike målestokker brukte man *proporsjoner*, som i matematikken var definert som likhet mellom to tallforhold $(a:b) = (c:d)$.²⁵ Vitruvius diskuterer hva som er ansett å være ”perfekte tall” i metaforiske gjengivelser av forhold i menneskekroppen og sier at etter Polykleitos’ kanon var tallet 6 spesielt.²⁶ Men også tallet ti var ansett som et perfekt tall ut fra naturens orden, fordi ansiktet fra haken til hårfestet kunne være en tiendedel av hele kroppen.²⁷ Slik også med tallet 4, fordi mennesket med utstrakte armer og ben tilsynelatende fyller ut et kvadrat og følger omkretsen av en sirkel når det roteres med navlen som akse.²⁸

Opp gjennom historien har det ofte vært påstått at tidstypiske, lokale kanoner var å anse som universelle lover.²⁹ Som ingeniør var Vitruvius klar over at slike hjelpemidler for billedhuggere ikke er overførbare til bygningsformer.³⁰ Målene i hvert element, symmetria, må korrespondere med forholdene i hele bygningen.³¹ Men, sier han, når kanoniske forhold ikke ga en bra løsning, kunne man allikevel få til forhold ved en praktisk og intuitiv modifisering, kalt *eurythmia*. Han nevner som eksempel at seter, ganger, trapper og andre bruksformer må bli laget av samme størrelse i et lite som i et stort teater for ikke å vanskeliggjøre bruken.³² For Vitruvius kan templer ha et forhold mellom hele bygningens lengde og hovedrommet, mellom lengden og avstanden mellom søylenes akser.³³ Det kan også bli avvik fra en teoretisk design fordi målene kan være tenkt stukket utenfor, innenfor eller midt i veggene.³⁴ Når Vitruvius skal detaljere et dorisk tempel bruker han abstrakte forhold. For design av et jonisk tempel bruker han lengdemål, han beskriver ulike forhold basert på diameternes mål oppe og nede. Ved å kombinere hans fire ulike søyleformer kan man visstnok få frem mer enn 600 forskjellige tempelfronter som mulige resultater.³⁵ Vitruvius beskriver altså ikke det perfekte templet, han er pragmatiker og sier at han vet hvor omtrentlig de geometriske idealene blir utført i praksis.³⁶ I skulptur og i maleri kunne man bruke nesten-forhold, irregulære figurer og tilnærmede tall. I arkitekturdesign var det derimot nødvendig med eksakte tall og mest mulig regulære figurer for å få de ulike elementene til å gå opp i helheten og lage en komplett og solid konstruksjon.

En annen romersk militæringenjør, Vegetius, skrev sin praktiske håndbok om krigføring omkring år 379–395 CE, fire hundre år etter Vitruvius, men i samme yrkestradisjon. Han sier at militærleirene som hovedregel bør bygges i en form som passer i landskapet, og at hensiktsmessighet må komme før estetiske krav. Han mener at et rektangel med forhold 3:4 er det beste for en plan, en form satt sammen av to pythagoreiske trekanter.³⁷ Den håndverksmessig baserte tanken bak er at en form som ikke er en god, teknisk løsning, heller ikke kan være vakker.

1.2. Designpraksis i middelalderen

Biskop, byggherre og byggmester i middelalderen hadde ulike tilnærminger til oppdraget å bygge en kirke, og må derfor ha hatt ulike spesifiseringer for designen.³⁸ I denne

prosessen kan ønsker, muligheter og resultater ikke enkelt skilles fra hverandre. Kirken skulle være et sosialt rom beskyttet mot klima, et liturgisk rom for trospraksis, et estetisk rom for stemning og stilistisk skulle det etterligne forbilder. Selv om katedralene primært var rom for trospraksis, ønsket byggherrer ofte å tilføre bygningene nye egenskaper, slik som spesiell dekor og innredning og ikke minst stadig økende høyder. For enkelte byggherrer må størrelse ha vært et materialteknisk imperativ: det som var konstruktivt gjennomførbart, måtte for enhver pris realiseres. Av en slik tenkning kan det bli imponerende byggverk, men ikke nødvendigvis forbilledlig design.³⁹ Drivkraften bak de ekstremt høye katedralene var ikke nyttehensyn, men heller kanskje at byggherrene ønsket å konkurrere ut nabobyen.

Dersom en kirkes byggherre hadde ønsker om større høyde, økt bredde, større vinduer eller andre forandringer i mål, ble det håndverkernes oppgave å øke noen dimensjoner og minske andre, innen det muliges grenser. For å øke antall plasser til menigheten måtte kanskje arealet økes. Spennet i himlingen satte en maksimal grense for bredden på midtskip og sideskip, og lengden av skipet kunne bare økes inntil menighet og prest mistet lyd- og øyekontakt. Tømmerne og murerne måtte være operative i forhold til planlegging, design og bygging, faglig var de pragmatiske geometre. Byggmestrene skulle samle alle krav og ønsker og foreslå omfanget av arbeidet og en design. Fordi alle bygninger etterlignet forbilder, måtte byggmesteren bestemme bygningens form, det vil si mål, for å kunne mengdeberegne for planlegging, bestilling, transport og betaling.

Den enkleste måten å beskrive en bygnings form og størrelse på, er ved angivelse av lengdene på volumenes indre og ytre kanter, uttrykt i et antall av en måleenhet, ulike forhold og forholdenes geometriske ekvivalenter.⁴⁰ De fleste mennesker kan bare omtrentlig fastslå størrelsen på lengder, flater, volumer, forhold og vinkler ved øyemål. Fra de eldste tider ble det derfor laget verktøy som ga mulighet for sammenligning av mål, som målesnorer, rettkanter, maler, passere og lodd.⁴¹ Også i middelalderen var det ulike lokale og nasjonale standarder for lengdemål og de var ofte ikke kompatible.⁴² Håndverkerne måtte også kunne overføre kunnskapen om mål, enten ved at de selv kjente forbildet, eller at kunnskap om dets form ble overført muntlig eller grafisk. Bruk av ulike målestokker kan være en av grunnene til at ikke to kjente kirker fra middelalderen i Norge har

samme mål. Ut fra hva man kan rekonstruere har det også vært brukt ulike regler for forhold, altså forskjellige ”proporsjonssystemer”.

Tall og forhold er nøytrale i den betydningen at de ikke i seg selv gir svar på hvilke mål som kan danne statisk sunne konstruksjoner av ulike størrelser i et gitt materiale. Håndverkerne måtte planlegge hvor mange, hvor langt eller hvor tungt det var som de skulle bygge. Hvor mange trær skulle felles, hvor mange bjelker skulle tilhugges og hvilke mål og forhold skulle de ha? Standardisering av bygningselementer etter mål forenklet og effektiviserte planlegging, bestilling og montering av både sten- og trebygninger. Forhold som hadde vist seg å være vellykket i andre bygninger, ville garantere for styrke og varighet i konstruksjonen og for sikkerhet for brukerne. Empiriske erfaringer med naturlovene og materialers egenskaper ble derfor syntetisert og tallfestet. Mange ulike tillempede, praktiske memoranda må ha blitt utvekslet mellom håndverkere ved *trouble-shooting* i planlegging og bygging av kirkene i middelalderen.

1.3. Teknisk litteratur

Det er kjent håndbøker på latin om landmåling fra ca. 150–200 CE, samlet en gang på 400-tallet CE. I disse *Corpus Agrimensorum* beskrives militær leirslagning, maskiner og arkitektur.⁴³ Men opplæring i bygningshåndverk foregikk i hovedsak som kroppslig demonstrasjon og muntlig forklaring. Derfor er ruiner og bygninger hovedkilder til kunnskap om planlegging og design i eldre tid. Mens romeren Vitruvius også kunne forklare sine tekniske beskrivelser legendarisk og mytologisk, er det bevart skriftlige kilder fra middelalderen som beskriver håndverket strengt teknisk. Den personlige porteføljen til Villard de Honnecourt (ca. 1235–40) viser en usystematisk blanding av grafisk og muntlig overlevering av kunnskap om form i bygninger på folkespråket.⁴⁴ Tegninger og tekst forklarer hvordan ting er laget og hvordan problemer kan løses. Alt er beskrevet uten drøfting og er åpenbart ment for dem som allerede kjente til praksis for muring og tømring.⁴⁵ Villards beskrivelser er spesielle og lokale og neppe begynnelsen på en tekstlig diskurs innen håndverksfagene. Den er heller en huskeliste for håndverkere som mente at deres fag var basert på geometriens ”ars” og ”scientia”. De to begrepene dekker det vi i dag kaller ”praksis” og ”teori” og omfattet en konstruktiv geometri som beskrev tillagning av romformene skritt for skritt.⁴⁶

Et annet eksempel på denne pragmatiske tankegangen er et overlevert referat av drøftingen om de tekniske problemene man sto overfor ved byggingen av domkirken i Milano i årene 1390–92. Kirken skulle designes i lombardisk gotisk stil og planen var stukket ut med basis i forholdet *ad quadratum*, riktignok med en bredde på 96 *braccia* og en høyde på 90 *braccia*.⁴⁷ Det ble imidlertid uenighet om veggene ville bli stive nok med en slik høyde. Håndverkerne ville derfor redusere vegg høyden til forholdet *ad triangulum*, ekvivalent med forholdet $\sqrt{3} : 2$. Å kunne bestemme den irrasjonale høyden ble ansett å ligge utenfor byggmestrenes kunnskap, derfor ble det sendt bud på matematikeren Gabriele Stornaloco fra Piacenza. Han regnet ut en tilnærming for rotforholdet sett i sammenheng med forholdstallene i skipet, og tillempet designen til en stor-enhet på 14 *braccia*.⁴⁸ Noe senere ankom den tyske arkitekten Heinrich Parler fra Gmünd, som mente at opprisset burde reises i *ad quadratum*, det vil si i forholdet 1:1 og dessuten med en stor-enhet på 16 *braccia*.⁴⁹ De lokale håndverkerne var uenige med ham og mente at bygningen fremdeles ville bli for høy. I mai 1392 møttes fjorten italienske, franske og tyske byggmestere og arkitekter til en *trouble-shooting*. På byggeplassen skulle de resonnerer rundt problemer og drøfte seg frem til høyder for hvelv og for hele skipet. Parler ble igjen nedstemt, de andre gikk inn for en løsning *ad triangulum*. Resultatet ble imidlertid en anbefaling om bruk av en rekke pythagoreiske trekanter. Man drøftet om stor-enheten skulle reduseres fra 10 *braccia*, som var foreslått noen år tidligere, til 8 eller 7, for å begrense høyden ytterligere.⁵⁰ For det nye opprisset anbefalte man at søylene ikke måtte være mer enn 40 *braccia* høye.

Beskrivelsen av overlegningene i Milano viser at byggmestrene sto overfor utfordringer ved design og reisning av store stenkirker, blant annet fordi statikken i bygningene ikke lot seg bestemme teoretisk. Det var ikke mulig på forhånd å vite hvordan vekten av takverket virket på veggene eller hvilke ledd som var bærende og hvilke som for største delen var dekorative. Stornalocos oppgave var å regne ut tallstørrelser, men han kunne ikke vurdere om lengdene eller en stor-enhet ga en statisk sunn konstruksjon. Nødvendige formale analytiske teknikker til å beregne krefter i konstruksjonen ble ikke utviklet før flere hundre år senere. Den eneste muligheten for byggmestrene var å teste løsninger fra forbilder og velge lengder og forhold de mente var for-

svarlige ut fra sin erfaring, det var langt på vei intuitive beslutninger. Gale valg kunne være farlige og koste dyrt, det var derfor nødvendig at flere byggmestere med ulike erfaringer måtte bli enige om en mulig løsning. Katedraler var gjerne del av et større anlegg med bispegård, kannikbolig og kanskje sykehus og andre nødvendige hus. Det var antagelig samme tankegang bak valg av mål og forhold i design av alle bygningene. Tilsynelatende uforklarlige avvik i plan og oppriss i alle slags bygninger fra middelalderen kan derfor skrive seg fra at numeriske tilpasninger av rotstørrelser ($1:\sqrt{2}$, $1:\sqrt{3}$ og $1:\sqrt{5}$) ble utført av håndverkere uten standardiserte lengdemål.⁵¹ Avvikene i plan og oppriss kan være et banalt resultat av intuitive, lokale og usystematiske beslutninger.⁵²

Villard de Honnecourts portefølje fra 1200-tallet var både en notisbok for ham selv og en faglig formidling av teknikk og design. Noe mer rendyrket i sin form er håndboken som byggmester Mathes Roriczer fra Regensburg lot publisere i 1486. Boken er skrevet på morsmålet med dagliglivets ordvalg og håndverkets terminologi.⁵³ Roriczer skriver som teknisk forfatter om ”grunntrekkene i geometri ved håndtering av passer”. Hans fremgangsmåte er algoritmisk, det vil si at han forklarer skritt for skritt hvordan han fra en grunnplan kan utlede dimensjonene på deler og helhet i oppriss av en fiale, en avslutning på for eksempel en strebepilar. Fremstillingen er blottet for diskurs og arbeidet settes ikke inn i noen kontekst. Allikevel hevder han ikke at det han sier er sant, han forteller bare hvordan arbeidet skal gjøres på ”riktig” måte ved hjelp av enkel geometri. Roriczer forholder seg til geometrien instrumentelt, fremgangsmåten blir formidlet utelukkende på fagets premisser og her er ingen drøfting av mulige alternative løsninger. Leserens frihet ligger i å selv velge enkelte tall underveis for å oppnå varianter av fialenes form. Man kan undres over at noen ville utgi en bok med detaljer som må ha vært elementær kunnen for samtidige kolleger i faget, selv i et begrenset antall eksemplarer. Roriczer sier selv at han ville spre en gammel kunnskap ut over sitt nære fagmiljø for å normere formene.⁵⁴

Atskillig mer kjent og omtalt er tradisjonen som de italienske humanistene representerte. Alberti og Filarete er forfattere som ønsket å formidle fundamentale prinsipper i design og konstruksjon i den romerske arven. Vitruvius var kjent i flere avskrifter gjennom hele middelalderen, hans

bøker ble første gang trykket i Italia i 1486. Samtidig ble arkitekten Leon Battista Albertis *De re aedificatoria* utgitt, boken omhandler det diskursive og generelle i arkitekturen.⁵⁵ Alberti så på den perfekte proporsjon som et mål i seg selv, et vesentlig aspekt ved skjønnheten. Det harmonisk perfekte i geometriske skjemaer står for en absolutt verdi, uavhengig av vår oppfattelse.⁵⁶

Mens de tyske håndverkerne skriver om hva håndverkeren skal gjøre, skriver de samtidige, italienske teoretikerne om hva arkitektene og de velutdannede interesserte kan eller bør gjøre. Hvis man skal tro den italienske kunstneren og forfatteren Vasari (1511–1574) kom arkitekten Brunelleschi (1377–1436) som sendt fra himmelen for å få orden på arkitekturen, etter at folk i hundrevis av år hadde sløst bort pengene sine på gotiske bygninger uten orden, med elendig design og dårlig utførelse. Vasari ser ingen kvaliteter i de gotiske kirkene og sier han i stedet for den barbariske, tyske stilen vil ha tilbake de gode, gamle søyleordenene.⁵⁷

2. Litterær teori

2.1. Bibelsk tradisjon

I gresk og romersk logikk og filosofi ble både analogi og proporsjon brukt i vid og overført betydning om forhold mellom deler innen en helhet.⁵⁸ Fra tidlig bibelsk tid var forfattere opptatte av antatt normative tall og forhold. I Det gamle testamente blir det fortalt om hvordan verden ble skapt på syv dager, noe som skulle være et forbilde også for menneskenes kreativitet i håndverk.⁵⁹ Tabernaklet og Templet ble bygget etter guddommelige planer. Moses fikk beskjed av Herren om form og størrelse ved antall alner, da han lot reise Tabernaklet i ødemarken, hovedmålene skulle være i forholdene 3: 3: 5.⁶⁰ På samme måte ga Herren kong David en tegning og en spesifisert inventarliste for Templet, til og med en egen tegning av en vogn. Dette skulle David gi til sønnen Salomo for at han skulle la Templet bygge.⁶¹ Det er i denne tradisjonen Paulus er når han omkring år 70–80 CE skriver at byen i Det lovede land var Guds verk.⁶²

Tidlige kristne forfattere som nevner planlegging, design og bygging av kirker, var ofte interesserte i hva bygningenes form kunne peke mot ut over det fysiske. Evagrius' (536–594) beskriver St. Sophia med ”disse vidunderlige, store proporsjonene”.⁶³ Forfatterne var opptatt av tallenes betydning og de tilla tall fortolkninger som ikke finnes i tallene selv.⁶⁴ Det var derfor nærliggende å bruke angivel-

ser av antall enheter og forhold på bygninger i Bibelen ved planlegging av kirker.⁶⁵ Kunsthistorikeren Krautheimer mener at mål fra slike legendariske forbilder ble oppfattet mer som veiledende enn normative av byggmestrene som gjennom historien jobbet med å få sammenheng i designen i nye bygninger.⁶⁶

2.2. Teoretisk matematikk

Den andre typen matematikk Sokrates nevner, filosofenes aritmetikk og måling, ble utviklet fra den praktiske allmennkunnskapen.⁶⁷ Her undersøkte man aksiomatisk definerte abstrakte strukturer ved bruk av symbolsk logikk og matematiske opptegnelser. Slik teoretisk matematikk, her særlig aritmetikk og geometri, ble også satt inn i en spekulativ sammenheng. Her var utgangspunktet at naturen angivelig er skapt harmonisk, at alt er en enhet og at essensen i kosmos er matematisk. De påstått universelle og generelle lovene var blant annet uttrykt i et sett ”proporsjoner” og bygninger burde planlegges etter disse lovene. Symbolverdier som ble tillagt tall og geometriske figurer ville gi designen en overnaturlig betydning og mikro- og makrokosmos ville være i samklang.⁶⁸ At måleenheter var uttrykt ved finger, hånd, arm og fot ble tatt som bevis for at mennesket ble sett på som del av den matematiske ordenen i naturen. Ut fra denne tankegangen ga metaforiske gjengivelser av forhold i menneskekroppen arkitekturen menneskelige proporsjoner.

Babylonere, egyptere og grekere behandlet alle en ”mest perfekt proporsjon”, der proporsjon er definert som likheten mellom to tallforhold, $(a:b) = (c:d)$. Pythagoras (ca. 570–500 BCE) fortsatte med å utvikle den teoretiske geometrien og formulerte en tallteori. Han beskriver intervallet mellom to frekvenser som har et forhold likt 1: 2. Han tenkte seg at fire noter korresponderte med fire tall som sto i et forhold til hverandre: seks er til åtte som ni er til tolv.⁶⁹ Denne proporsjonen drøfter Euklid (ca. 300 BCE) i sine *Elementer*, som bygger på eldre skrifter. Euklid definerer også 6 som det første perfekte tallet, der summen av faktorene gir tallet selv ($6=1+2+3$).⁷⁰ Adjektivet perfekt kan i både konkret og overført betydning forstås som noe fullbyrdet, fullendt, komplett i sitt slag, uten feil og lyte. Da er et punkt noe som ikke kan deles, en linje er en lengde uten bredde og en perfekt sirkel er nøyaktig og eksakt fordi den bare kan tenkes. Dette har liten praktisk nytte i design av kirker.⁷¹

I hundreårene før 1000-tallet begrenset den europeiske geometrikunnskapen seg til definisjoner av triangle, kvadratet, sirkelen, pyramiden og kjeglen.⁷² Teologen Gerbert av Aurillac (ca. 940–1003) lærte arabisk matematikk og tall i Spania, senere underviste han i Reims. Han skal ha skrevet tre lærebøker i elementær matematikk: Kunsten å dividere, regning med abakus og en bok for begynnere i geometri, den siste inspirert av romersk landmåling. Han ble valgt til pave som Sylvester II i år 999, og som pave fortsatte han utviklingen av geometri. Han sier at ved å skrive om geometri fikk han muligheten til å vise *Det åndelige øyet*, det vil si de åndelige sannheter som var gjemt i den fysiske verdenen.⁷³ Paven mener at en kirkebygning gis en åndelig dimensjon når forhold mellom lengder sees som geometriske former. Geometrien er for ham i dette tilfellet både åpenbar, skjult og symbolsk, han blander teknisk, teoretisk og metafysisk matematikk.⁷⁴

De ulike gruppene av matematikere rundt om i Europa på 1100-tallet skrev ofte ikke sine utregninger, men stolte på de synlige resultatene på kulerammene. Det teoretiske geometrimaterialet de brukte var basert på fragmentariske oversettelser av Euklid, inntil Gherard av Cremona (d. 1187) oversatte Euklids *Elementer* og en arabisk kommentar til den.⁷⁵ Først italieneren Leonardo Fibonacci (ca. 1170–1240) utviklet pentagrammet geometrisk i sin bok *Liber Abaci*.⁷⁶ Det er imidlertid lite sannsynlig at skriftene til Euklid og Fibonacci ble brukt utenfor skoler og universiteter.

2.3. Omtaler av kirker

Ved å lese historiske tekster får man inntrykk av at interessen for kirkebygninger i både Øst- og Vestkirken lå i deres visuelle kvaliteter og hva disse kunne tolkes som. Forfattere i Bysants hyllet byggherren ved å skryte av en bygnings størrelse og kostbare innredning, slike beskrivelser var kjent som *ekphrasis*.⁷⁷ En annen sjanger over hele Europa var *hagiografien*, helgenlegenden, hvor helgenen viste sin fromhet ved å ta initiativ til bygging av kirker. I prekensamlinger var det av og til arkitekturbeskrivelser, men de henviste som regel til betydninger utover den fysiske bygningen. I de liturgiske bøkene var man derimot helt pragmatiske og forutsatte at rommet var brukbart for en praktisk, liturgisk funksjon. Andre forfattere skrev om kirker i reisebeskrivelser, i annaler eller i et klostres historie, i rettslige kjennelser, testamenter eller i gavebrev. Slike sjangere var konservative i formen og selv om det på 11- og 1200 tallet var en utvikling

i design og konstruksjon, gjenspeiles det knapt nok i slike samtidige skrifter. Mange forskere studerte verkene til forfattere som Augustin og Boethius (480–ca. 525 CE) og så på kirkene innenfor et matematisk-metafysisk rammeverk der interessen var rettet mot bygningene som idéer.⁷⁸ Her var derfor lite skrevet om planlegging og design som sådan.

Det er heller ikke mange beskrivelser som omhandler håndverkernes arbeidsmåter. I beskrivelser av reparasjoner og bygging, for eksempel i den som er forfattet av Gervase av Canterbury (1141–1210),⁷⁹ synes det at forfatteren verken kjente det vokabularet eller de fagtermene som må ha vært elementære for samtidens håndverkere.⁸⁰ Slik er det også med den lange teksten som den franske abbeden Suger skrev ned i 1150, mens han som byggherre fulgte ombyggingen av sin klosterkirke i St.-Denis. Suger skryter nok av håndverket, men han er lite opptatt av håndverkets problemer.⁸¹ Han sier at håndverkerne selv får ordne med tall, forhold, orden, symmetri og harmoni ved hjelp av sine geometriske og numeriske regler, *geometricis et aritmeticis instrumentis*.⁸² Suger er mer opptatt av det som for ham representerer jordiske tegn på det hellige, blant annet reflekser i kostbare dekorstener og lyset gjennom vinduene i kirken. Her er han påvirket av en nyplatonisk lysmystikk som også var formidlet av syrerer Dionysius Areopagiten (ca. 500 CE).⁸³ Dionysius sier at åndelig, fysisk lys er blant de synlige symbolene for Gud, noe Suger helt konkret overfører på kirkearkitekturen.⁸⁴

Begrepet proporsjon kunne for mange litterater i middelalderen også bety prinsippet om å sammenligne en ting med en annen, i både konkret og abstrakt mening. I tradisjonen etter Thomas Aquinas (ca.1225–1274), blir begrepene *quantitas*, *commensuratio* og *proportio* brukt om godt og ondt, helse og sykdom, sannhet og feil.⁸⁵ Selv om begrepet skjønnhet blir forklart som balanse mellom helhet og deler, er det uklart hvilke forhold som skal anses som vakre, og tekstene er utydelige om bygningers faktiske design. Omtaler av kirker er intellektualisert og generalisert, derfor har beskrivelsene liten overføringsverdi til praktisk virksomhet. Ved å legge metafysisk mening inn i nøytrale, geometriske figurer, ble en pragmatisk og åpen håndverkspraksis unødig mystifisert.⁸⁶ Dette slår den tyske teologen Joseph Sauer (1872–1949) fast ved å vise at forfattere i middelalderen tilla arkitekturformer symboltolkninger *post facto*, altså at tolkningene ikke kan ha vært del av byggeprogrammet.⁸⁷

Erkjennelsen av at den opprinnelige designen er vanskelig å rekonstruere har ofte gjort at designprosessen for kirkene i middelalderen er fremstilt som innhyllet i mystikk. En slik forestilling er i motsetning til hva all bevart litteratur beskriver. Hverken Vitruvius, Villard, Milanodokumentet eller bøkene til Roriczer peker mot hemmelig metafysisk eller okkult kunnskap ved design og bygging.⁸⁸

De italienske humanistene tok opp igjen elementer fra romersk arkitektur og utviklet sine teorier om harmonier både i arkitekturen og i universet. Deres teorier kom til å ha en sterk påvirkning i lang tid, selv om 1600-tallets vitenskap og den senere empiriske tenkningen talte imot at den elementære, euklidiske matematikken uttrykte iboende, eviggyldige lover i naturen. Ved utvikling av statikk fra slutten av 1700-tallet av fikk ingeniørfaget et viktig hjelpemiddel i planlegging og design, troen på tradisjoner som knyttet arkitektur til metafysiske og universelle forholdstall var avleggs. Samtidig vokste det frem i humaniora en intens forskning basert på nettopp de samme forstillingene om objektive lover for skjønnhet i design, de ble til ”historiske fakta” på 18- og 1900-tallet. Forfattere med ulike bakgrunner ville forklare de historiske kirkenes proporsjonssystemer ut fra antatte lengdeenheter og spesielt utvalgte geometriske figurer.⁸⁹ Mange forfattere tolket praksis i middelalderen ut fra sin kjennskap til litterære teorier fra den senere renesansen. Det blir forvirrende når forfattere i en moderne, romantisk og idealistisk tradisjon blander teknisk, teoretisk og metafysisk matematikk i sine undersøkelser.⁹⁰

En geometrisk figur med det tilnærmede forholdet 3:5 eller 5:8 er ofte sett på som særlig harmonisk. Figuren og tallforholdet er kjent både fra pythagoreisk og nyplatonisk tallspekulasjon, men betegnelsen *Det gyldne snitt* blir første gang brukt av den tyske matematikeren Martin Ohm i 1835. Det gyldne snitt, ofte kalt ρ (phi), er avledet av et geometrisk forhold som er irrasjonalt i en numerisk betydning ($x = (-1 + \sqrt{5})/2$). Tyskeren Adolph Zeisings (1810–1876) beskrev den ”estetiske lov om proporsjoner”, og ga en filosofisk begrunnelse for at forholdet var bestemmende for naturens former, med basis i verdenslover.⁹¹ En tilfeldig trukket linje i et gridsystem danner en funksjon og lager ulike geometriske figurer. Det er egenskaper ved figurene selv som gir disse latente, geometriske mulighetene og ikke en utarbeidet proporsjonsteori.⁹² På tross av at forholdet ikke med rimelig nøyaktighet kan passe til menneskekroppen eller objekter

i naturen, er ρ stadig ansett som et viktig, tidløst, estetisk behagelig forhold, og er tillagt ulike åndelige betydninger. Ulike proporsjonssystemer er lagt frem, de er ofte i motsetning til hverandre og mangler stort sett bygningsarkeologisk empiri; de fleste skjemmes av å være slurvete tegnet og geometrisk overbestemte. Mest kjent av denne typen spekulative undersøkelser i Norge er arbeidet til Macody Lund (1863–1943). De metodiske svakhetene i hans arbeid ligger blant annet i at han mente domkirken i Trondheim var planlagt i detalj med komplekse, geometriske former og vinkelberegning, og dessuten at bygningen ble bygget nøyaktig i henhold til en slik design.⁹³ Å spekulere etter tall og forhold på denne måten, uten å ta hensyn til materialer og deres egenskaper, virker inadekvat overfor dem som nødvendigvis måtte forholde seg til statikkens muligheter og begrensninger.

Drøfting og konklusjoner

Artikkelen har drøftet den praktiske og teoretiske anvendelsen av begrepet ”proporsjon” i historien. Regler som garanterte statisk sunne bygninger og en tilfredsstillende orden fremkom ved at man trimmet konstruktive minimumsmål i en design. Når erfaringene på denne måten ble tilpasset hele tall og enkle figurer var de enklere å huske ved etterligning av forbilder. Den siterte litteraturen viser at håndverkere til alle tider har etterstrebet kvalitet, mens teoretikere har dyrket det de har ansett som det ”perfekte”. For å beskrive det perfekte ble de praktiske erfaringsreglene fjernet fra sine konstruktive forutsetninger og normert i spekulative kosmologier. Ny design med nye materialer, standardisert elementbygging og statikk gjorde huskereglene foreldet, mens deres avledete proporsjonssystemer fremdeles er bevart som en tro på hemmelig og tidløs kunnskap, ut over nytten ved å kunne ordne bygningselementer.

Man kan spørre om de gamle ordenssystemene har relevans i dag, når man har etterprøvbare statikk. Svaret som antydes er at systemene kan være teoretiske øvelser uten reell basis, men om man har valget mellom like sunne konstruktive løsninger kan ulike foretrukne tall og forhold brukes for å skape orden. Om man velger å tillegge tallene eller forholdene nyplatonisk innhold, spiller mindre rolle. En tilnærming som hevder at den naturlige verden er et forståelig, matematisk ordnet hele, der visse ”naturlige” mål og forhold garanterer tidløse kvaliteter i arkitekturen vil uansett være en ikke-etterprøvbare påstand.

Hvor ble det av proporsjoner i arkitekturen?

Artikkelen drøfter den praktiske og teoretiske anvendelsen av begrepet ”proporsjon” i historien og spør om slike gamle systemer har relevans for kontemporær arkitektur. Bygninger designet med visse forholdstall er gjennom historien blitt ansett å være del av et mystisk, kosmologisk verdensbilde, hvor forholdene og proporsjonene *er* universet. Blant andre har Le Corbusier, van der Laan og Louis Kahn i sine arbeider villet bevare denne estetiske tilnærmingen. Siden bygningene er forskjellige, kan begrepet ikke være entydig og tidløst. Hvis matematikken var iboende i naturen, burde det ha blitt påvist en universell lengdeenhet, men det har aldri funnes et universelt, estetisk målesystem. For å bygge statisk sunne bygninger trimmet man konstruktive minimumsmål i en design så de kunne passe til hele tall og enkle figurer, som var enkle å huske. Den siterte litteraturen viser at håndverkere til alle tider har etterstrebet kvalitet, mens teoretikere har dyrket det ”perfekte”. For å beskrive det perfekte ble de praktiske erfaringsreglene fjernet fra sine konstruktive forutsetninger og normert i spekulative kosmologier. Ny design med nye materialer, standardisert elementbyggeri og statikk gjorde huskereglene foreldet, mens deres avledete ”proporsjonssystemer” fremdeles er bevart som en tro på hemmelig og tidløs kunnskap. Man kan spørre om de gamle ordenssystemene har relevans i dag, når man



Jørgen H. Jensenius, Sivilarkitekt, dr.ing.
Asker, Norge
jorgen@jensenius.no

har etterprøvbare statikk. Svaret som antydes er at systemer kan være bare teoretiske øvelser uten reell basis, men om man har valgt mellom like sunne konstruktive løsninger kan ulike foretrukne tall og forhold brukes for å skape en foretrukket orden. Om man velger å tillegge tallene eller forholdene nyplatonisk innhold, spiller mindre rolle. En tilnærming som hevder at den naturlige verdenen er et forståelig, matematisk ordnet hele, der visse ”naturlige” mål og forhold garanterer tidløse kvaliteter i arkitekturen vil uansett være en ikke-etterprøvbare påstand.

Summary

Where at the proportions in architecture gone?

The article discusses the notion of proportional systems and asks if they have relevance for today. “Proportion” is traced back in time to the history of arithmetic and geometry. The numbers and ratios, fulfilling practical needs for reckoning quantity in planning and design, were idealized as “perfect” numbers and ratios by the theorists. Very seldom, craftspeople wrote down their constructive mathematics, based on their experiences. The axiomatic theoretical mathematics, often intermixed with speculative, cosmological variants, belong to a tradition calling itself universal, abstract and general. The paper concludes that systems of proportions may be used, with or without adhering to a neoplatonic worldview.

Noter

1. ”Narrow, elegant proportions give this building a feeling of verticality” (Calkins 1998: 124).
2. Med design av kirker menes her systematisering av enkeltmaterialer og materialgrupper. Den romerske ingeniøren Vitruvius (85/80 BCE-?) definerte design som organisering i mål og forhold av plan og oppriss med passer og linjal (Vitruvius 2.2.2.).
3. <http://www.classicist.org/>
4. Prince of Wales.
5. Moravanszky 2003: 24off.; Padovan 2003.
6. For en drøfting av valgte forhold i blant annet Chandigarh, se Fleming and Ostwald 2001.
7. Le Corbusier 1923.
8. Le Corbusier 1967: 129. En anmeldelse av Modulor 1 og 2, se Ostwald 2001.
9. Se fasaden på en villa fra 1916 (Le Corbusier 1967: 76). Også Villaen i Garches 1927 (Boesiger et Stonorov (1937) 1964: 144).
10. Le Corbusier 1967: 71.

11. Le Corbusier 1967: 29; 69–70. Se også Padovan 2003: 318–338.
12. Le Corbusier 1967: 71. Dette plasserer ham med forfattere som D.R.Hay, Adolf Zeising, Jay Hambidge og Matila Ghyka.
13. Laan 1983.
14. <http://www.vitruvio.ch/arc/masters/vanderlaan.php>
15. Laan 1960.
16. <http://www.benedictusberg.nl/>
17. http://www.greatbuildings.com/buildings/Kimbell_Museum.html
18. For en drøfting av Kahns geometri i dette tilfellet, se Fleming 2005.
19. Heath 1981: I, 13–15.
20. Fra de eldste tider har landmåling vært viktig sosialt, politisk og økonomisk ved grensedragning mellom eiendommer og land.
21. Næss 1980: 84.
22. Plato, Philebus, 56D; 57D.
23. Plinius 1952: XXXIV, 55; 37, 61.
24. Vitruvius: 3. Pr. 2.; 189.
25. Vitruvius bruker ordet ratio 331 ganger og proportio 31 ganger, men ikke ordet ”proporsjonssystem” (Nohl 1977: 103, 109–110).
26. Vitruvius 3.1.7; Augustin (354–430 CE) sier at mens tallet 10 har en viss perfeksjon, er 6 det perfekte tall (Augustine XI: 31).
27. Vitruvius 3.1.5; 3.1.2.
28. For grafisk drøfting av ulike kanoniske regler, se Lorenzen 1966: 18ff.
29. Fernie 1996: 39.
30. McEwen 2003: 54–56.
31. Vitruvius 1.2.4.; 6.2.1.
32. Vitruvius 5.6.7.
33. Vitruvius 5.1.6.
34. Walthew 2002: 99.
35. Rykwert 1996: 217.
36. Vitruvius 3.1.3.
37. Vegetius 2001: 80.
38. Betegnelse er funksjonelle og kan omfatte flere personer.
39. Geyer 1989: Ch. II.
40. Berriman 1969.
41. Shelby 1977: 74–75.
42. For en oversikt over kjente mål, se Rasmussen 1975.
43. Campbell 2000.
44. Hahnloser 1972.
45. Kidson 1979: 330.
46. Shelby 1972: 420.
47. En braccio var en alen på omtrent 59,5 cm.
48. Frankl 1945: 53–55.
49. Ackerman 1949: 89.
50. Frankl 1945: 56.
51. En oversikt over numeriske tilnærminger av rotstørrelser er i Shelby 1965: 244–245.
52. Om metodologiske problemer ved rekonstruksjon av antatt opprinnelig design, se Jensenius 2003.
53. Shelby 1977: 4–5.
54. ”(...)wie vnd jn welcher mass das ausz dem grunde der geometrey mit austailung des zirckels herfurkomen vnd jn die rechten masse gebracht werden sollen” (Shelby 1977: 82–83).
55. Schuler 1999.
56. Alberti 1989: 23–24; Fernie 1996: 137ff.
57. Vasari 1965: 133; 139.
58. NSO 1993, I, 72; Augustin (354–430 CE) bruker betegnelsen slik (Augustine: XI, 22).
59. GT. 1. Mos 1–2.
60. GT, 2. Mos 25, 10–18.
61. GT, 1 Krøn 28, 11–20.
62. NT. Hebr 11.10 (Jerusalem Bible: ”He looked forward to the well-founded city, designed and built by God”).
63. Mango 1972: 79.
64. Se Naredi-Rainer 1984 for et historisk sammendrag.
65. Augustin V.11; XI:30; Pseudo-Dionysius 1987: DN 4.4.
66. Krautheimer 1942.
67. ”And how about the arts of reckoning and measuring as they are used in building and in trade compared with philosophical geometry” (Plato, Philebus, 56E).
68. KLN 1968 XIII: 499–503; Padovan 2003: 12ff.
69. Heath 1981: 1, 2; 86.
70. Elementer, IX.36; Grant 1974: 136.
71. Heath 1981: I, 21–25.
72. Begrepet teoretisk matematikk omfattet i middelalderen også det man fra 1700-tallet av kalte ren matematikk, det vil si matematikk som ikke var ment å ha en praktisk anvendelse.
73. Bubnov 1899: 52–53. Denne gamle drøftingen er stadig relevant.
74. Evans 1976/77: 110.
75. Heath 1981: 1: 365–366.
76. Herz-Fischler 1987: 137–144. Se Herz-Fischler for en drøfting av ulike teorier ved pyramidenes mål.
77. Eksempler på dette i Webb 1999: 59ff.
78. For studiet av matematikk, se Jaeger 1994: 46–48.
79. Oversatt i Willis 1845.
80. Teksten drøftet av Jacobsen 1983: 301–302.
81. Rudolph 1990: 21, 29ff; Panofsky (1946) 1979.
82. Simson (1956) 1974: 101, n.35.
83. Pseudo-Dionysius 1987: 5–6; 75 (DN IV 700B). Panofsky 1979: 19.
84. Pseudo-Dionysius 1987: 204 (EH III. 397C).
85. Frankl 1960: 104–106; Eco 1988: 169.
86. Bruyne 1998: II, 142–145, 394–395
87. Sauer 1924: 290.
88. Pamela O. Long påpeker at ordet secret har betydning ”tilbakeholdt informasjon” og ”ukjent teknikk”, så vel som ”skjult kunnskap” og ”hemmelighet” på ulike språk (Long 2001: 7).
89. Oversikt over kilder, i Hecht 1979 og Naredi-Rainer 1982.

90. For eksempel de Fulcanelli (de Fulcanelli 1999).
 91. Zeising 1884.
 92. Herz-Fischler 1987: 134ff; 168.
 93. Lund 1919. Macody Lunds påstander var meget omstridte også i hans samtid.

Bibliografi/Webografi

- ACKERMAN, James S. 1949: "Ars sine scientia nihil est". Gothic Theory of Architecture at the Cathedral of Milan. *The Art Bulletin*. Vol. XXXI: 84–111.
- ALBERTI, L.B. 1989: *On The Art of Building in Ten Books* (1486), tr. by J. Rykwert, N. Leach, R. Tavernor. The MIT Press. London, England and Cambridge, Massachusetts.
- AUGUSTINE 1972: *Concerning The City of God against the Pagans*. Harmondsworth.
- BANDMANN, Günter 1951: *Mittelalterliche Architektur als bedeutungsträger*. Gebrüder Mann Verlag. Berlin.
- BERRIMAN, A.E. 1969: *Historical Metrology*. Greenwood Press, New York.
- BINDING, Günther 1993: *Baubetrieb im Mittelalter*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- BOESIGER, W. et O. Stonorov (1937) 1964: *Le Cobusier et Pierre Jeanneret, Oeuvre Complète 1910–1929*. Les Éditions d'Architecture. Zurich.
- BRUYNE, Edgar de (1946) 1998: *Études d'esthétique médiévale*, vol.1–2. (Éditions De Tempel, Bruges), Éditions Albin Michel, S.A., Paris.
- BUBNOV, N. 1899: *Gerberta Opera Mathematica*. Berlin.
- CALKINS, R. G. 1998: *Medieval Architecture in Western Europe: From A.D. 300 to 1500*. Oxford.
- CAMPBELL, Brian 2000: The Writings of the Roman Land Surveyors. Introduction, Text, Translation and Commentary. *Journal of Roman Studies Monographs*. No.9.
- COENEN, Ulrich 1990: *Die spätgotischen Werkmeisterbücher in Deutschland*. Scaneg, München.
- de FULCANELLI 1999: *Le Mystère des cathédrales et L'Interprétation ésotérique des symboles hermétiques du grand œuvre*. Pauvert, Paris.
- ECO, Umberto 1988: *The Aesthetics of Thomas Aquinas*. Radium, U.K.
- ELIADE, Mircea 1976: *Det hellige og det profane*. Gyldendal. Oslo.
- EVANS, G. R. 1976/1977: The "Sub-Euclidean" Geometry of the Earlier Middle Ages, up to the Mid-twelfth Century, *Archive for History of Exact Sciences*. Vol. 16: 105–118.
- FERNIE, Eric 1996: *Art History and its Methods*. Phaidon, London.
- FLEMING, Steven 2005: Of Quotidian Proportions: The Everyday Determinant of Great Modern Architecture. Murdoch University, Perth, Western Australia. http://www.mcc.murdoch.edu.au/cfel/docs/Fleming_quotidian.pdf
- FLEMING, Steven and Michael J. Ostwald 2001: Review of Klaus-Peter Gast, *Le Corbusier: Paris — Chandigarh*. Birkhäuser, Basel, 2000. http://www.nexusjournal.com/reviews_v3n2-FlemOst.html
- FRANKL, Paul and Erwin Panofsky 1945: The Secret of the Medieval Masons with an Explanation of Stornaloco's Formula. *The Art Bulletin*. Vol. XXVII, No.1: 46–64.
- GEYER, Marie-Jeanne (red.) 1989: *Les Bâisseurs des Cathédrales Gothiques*. Strasbourg.
- GRANT, Edward (ed.) 1974: *A Source Book in Medieval Science*. Harvard U.P., Cambridge.
- GROAT, Linda and D. Wang 2002: *Architectural Research Methods*. J. Wiley & Sons. New York.
- GT: Det Gamle Testamente. Bibelen 1978. Det Norske Bibelselskap. Oslo.
- HAHNLOSER, Hans R. 1972: *Villard de Honnecourt*. Akademische Druck- u. Verlagsanstalt. Graz.
- HEATH, Sir Thomas (1921) 1981: *A History of Greek Mathematics*. Dover. New York.
- HECHT, Konrad 1979: *Maß und Zahl in der gotischen Baukunst*. Georg Olms Verlag, Hildesheim.
- HERZ-FISCHLER 1987: *A Mathematical History of Division in Extreme and Mean Ratio*. Wilfrid Laurier University Press, Waterloo, Ontario.
- HISCOCK, Nigel 2000: *The Wise Master Builder. Platonic Geometry in Plans of Medieval Abbeys and Cathedrals*. Ashgate. Aldershot.
- JACOBSEN, W. 1983: Saint-Denis in neuem Licht: Konsequenzen der Neuentdeckten Baubeschreibung aus dem Jahre 799. *Kunstchronik*, vol. 36: 301–308.
- JAEGER, C. Stephen 1994: *The Envy of Angels. Cathedral Schools and Social Ideals in Medieval Europe, 950–1200*. University of Pennsylvania Press, Philadelphia.

- JB: *The New Jerusalem Bible*. Darton, Longman & Todd. London.
- JENSENIUS, Jørgen H. 2003: The "Inverse Design problem" In Medieval Wooden Churches of Norway. At the 6th Asian Design International Conference in Tsukuba, Japan, 14–17 October 2003. <http://www.stavkirke.org/artikler/artikkel-japan.html>
- KIDSON, Peter 1981: Review of Francois Bucher: Architector: The Lodge Books and Sketchbooks of Medieval Architects. New York: Abaris, 1979, in *Journal of The Society of Architectural Historians*, Philadelphia, vol. 40: 329–333.
- KLNLM 1958–78: *Kulturhistorisk Leksikon for Nordisk Middelalder*. Vol. I–XXII. København etc.
- KRAUTHEIMER, Richard 1942: Introduction to an Iconography of Medieval Architecture. *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, vol. 5: 1–34.
- LAAN, Dom H. van der 1960: *Le Nombre Plastique*. Brill, Leiden.
- LAAN, Dom H. van der 1983: *Architectonic Space*. Brill, Leiden.
- LE CORBUSIER 1923: *Vers une architecture*. Paris.
- LE CORBUSIER 1967: *The Modulor*. Faber and Faber Limited. London.
- LONG, P. O. 2001: *Openness, Secrecy, Authorship*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- LORENZEN, Eivind 1966: *Technological Studies in Ancient Metrology*. Busck. København.
- LUND, Fredrik Macody 1919: *Ad Quadratum*. Helge Erichsens Forlag. Kristiania.
- MANGO, Cyril 1972: *The Art of the Byzantine Empire 312–1453*. Prentice-Hall. New Jersey.
- MCEWEN, Indra Kagis 2003: *Vitruvius. Writing the Body of Architecture*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts.
- MORAVANSZKY, Akos (ed.) u. K.M.Gyöngy 2003: *Architekturtheorie im 20. Jahrhundert: Eine kritische Anthologie*. Springer.
- NAREDI-RAINER, Paul v. 1984: *Architektur und Harmonie. Zahl, Maß und Proportion in der abendländischen Baukunst*. DuMont Buchverlag. Köln.
- NOHL, Hermann 1977: *Index Vitruvianus*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- NSO 1993: *The New Shorter Oxford English Dictionary*. The Clarendon Press. Oxford.
- NT: Det Nye Testamente 1978. *Bibelen*. Det Norske Bibelselskap. Oslo.
- NÆSS, Arne 1980: *Anklagene mot vitenskapen*. Universitetsforlaget. Oslo.
- OSTWALD, Michael J. 2001: Review of Le Corbusier (Charles Edouard Jeanneret), *The Modulor: A Harmonious Measure to the Human Scale Universally Applicable to Architecture and Mechanics* and *Modulor 2 (Let the User Speak Next)*. 2 volumes. Birkhäuser, Basel, 2000. [Facsimile of the 1954 Faber and Faber 1st English Language Edition]. In: <http://www.nexusjournal.com/reviews/v3n1-Ostwald.html>
- PADOVAN, R. 2003: *Proportion, Science, Philosophy, Architecture*. Spon Press. London.
- PANOFKY, Erwin (ed) (1948) 1979: *Abbot Suger on the Abbey Church of St.-Denis and its Art Treasures*. Princeton U.P., New Jersey.
- PANOFKY, Erwin (1951) 1976: *Gothic Architecture and Scholasticism*. New York.
- PLATO, *Philebus*: <http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text.jsp?doc=Perseus:text:1999.01.0174:text=Phileb.:section=56d>
- PLINY THE ELDER 1952: *The Natural History*. Books 33–35, vol.9. H. Rackham (tr.) Loeb Classical Library. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.
- PRINCE OF WALES: http://www.princeofwales.gov.uk/speeches/speeches_index_arc.html
- PSEUDO-DIONYSIUS 1987: *Pseudo-Dionysius, the complete Works*. The Classics of Western Spirituality. Paulist Press, New York.
- RASMUSSEN, Poul 1975: *Mål og Vægt*. D.H.F.s Håndbøger. København.
- RUDOLPH, Conrad 1990: *Artistic Change at St-Denis*. Princeton University Press, Princeton.
- RYKWERT, Joseph 1996: *The Dancing Column. On Order in Architecture*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- SAUER, Joseph 1924: *Symbolik des Kirchengebäudes und seiner Auffassung des Mittelalters*. Freiburg im Breisgau.
- SCHLOSSER, Julius von 1892: *Schriftquellen zur Geschichte der Karolingischen Kunst*. Verlag von Carl Graeser. Wien.
- SCHULER, S. 1999: *Vitruv im Mittelalter, die Rezeption von "De architectura" von der Antike bis in die frühe Neuzeit*. Böhlau Verlag. Köln, Weimar, Wien.
- SEDLMAYR, Hans 1950: *Die Entstehung der Katedrale*. Zürich.

- SHELBY, Lon R. 1965: Medieval Masons Tools. II: Compass and Square. *Technology and Culture*, vol. VI: 236–248.
- SHELBY, Lon R. 1972: The geometrical Knowledge of the Medieval Masons. *Speculum*, vol. 47: 395–421.
- SHELBY, Lon R. 1977: *Gothic Design Techniques*. Carbon-dale.
- SIMSON, Otto von (1956) 1974: *The Gothic Cathedral*. Princeton U.P., New Jersey.
- VASARI 1965: *The Lives of The Artists*. Penguin Books. Harmondsworth.
- VEGETIUS (1993) 2001: *Vegetius: Epitome of Military Science*. Liverpool U.P., Liverpool.
- VITRUVIUS 1999: *Vitruvius, Ten Books on Architecture*, Morgan, I.D. (tr.). New York.
- WALTHER, Christopher V. 2002: *A Metrological Study of the Early Roman Basilicas*. The Edwin Mellen Press. Lewiston.
- WEBB, Ruth 1999: The Aesthetics of Sacred Space: Narrative, Metaphor, and Motion in *Ekphrasis* of Church Buildings. *Dumbarton Oaks Paper*, No. 53: 59–74.
- WILKINSON, John 2002: *From Synagogue to Church. The Traditional Design*. Routledge. London.
- WILLIS, R. 1845: *The Architectural History of Canterbury Cathedral*. Longman. London.
- WITTKOWER, Rudolf (1949) 1967: *Architectural Principles in the Age of Humanism*. Tiranti, London.
- WU, Nancy Y. 2002: *Ad Quadratum. The practical application of geometry in medieval architecture*. Ashgate. Aldershot.
- ZEISING, Adolph 1884: *Der goldene Schnitt*. Engelmann. Leipzig.