

Matematik i design



DESIGN
MUSEUM
DANMARK



 SKOLETJENESTEN

Til læreren

Dette undervisningsmateriale henvender sig til folkeskolens ældste klasser og er tænkt som et tema- og inspirationshæfte, som kan give ideer og inspiration til, hvordan man kan anvende matematik i en designfaglig kontekst med problemstillinger fra hverdagen omkring de ting, vi omgiver os med i dagligdagen.

Det er ikke en forudsætning, at man som lærer har en bred baggrundsviden om design for at benytte temahæftet. Det lægger i højere grad op til, at eleverne undersøger sig selv og deres nærmeste omgivelser. Enkelte opgaver kræver dog adgang til internettet. De materialer og redskaber, som skal anvendes til opgaverne, vil oftest enten være til stede på skolen eller være lette at skaffe.

Temahæftet er inddelt i kapitler, som hver især berører et designmæssigt emne koblet med et område inden for matematikken. Der er ikke indbygget nogen progression kapitlerne imellem, og kapitlerne kan derfor anvendes uafhængigt af hinanden. Det anbefales dog, at såvel lærer som elever indledningsvis læser introduktionsafsnittet.

Hæftet kan også anvendes i fag som håndværk og design samt i tværfaglige og evt. projektorienterede sammenhænge. Fx kan det gyldne snit anvendes i forbindelse med analyse af billeder, reklamer og layout i dansk og billedkunst. Undersøgelser af menneskekroppen kan eksempelvis udvikles og kombineres med idræt og biologi.

Opgaverne i materialet er primært af en sådan karakter, at læreren frit kan vælge, om eleverne skal arbejde alene, parvis eller i grupper.

Materialet kan med fordel anvendes i forbindelse med undervisningsforløbet „Matematik i design“ på Designmuseum Danmark.

Rigtig god fornøjelse.

Introduktion til matematik og design

Design handler om alle de ting, vi omgiver os med i dagliglivet – lige fra teskeen, vi rører rundt i kakaoen med, til vingerne på en flyvemaskine. Alle har de det tilfælles, at de har en funktion, og måden, de er udformet på, hænger sammen med denne funktion.

Designere arbejder med at udforme ting, der enten skal løse et problem eller dække et behov. Nogle ting skal leve op til bestemte krav om sikkerhed og holdbarhed eller tage hensyn til miljøet, som stiller bestemte krav til fx brug af farver og materialer. Andre ting er i højere grad rettet mod en bestemt kultur eller livsstil og stiller ofte designere mere frit i forhold til valg af farver og materialer.

Ud over funktion, farver og materialer er der en lang række andre ting, designeren skal tænke ind i det færdige produkt. Det kalder vi designparametre. Det kan bl.a. dreje sig om form, konstruktion, teknologi, økonomi og æstetik.

- Tænk på en cykel, og overvej, hvilke af følgende parametre der er vigtige i forhold til sikkerheden, og hvilke der er vigtige i forhold til livsstil:

Form, størrelse, farver, materialer, teknologi, miljø og pris



Når designeren har fået en ide og er kommet frem til et forslag, skal det formidles videre for at kunne blive omsat til et færdigt produkt. Det sker oftest i form af noget visuelt – altså noget, vi kan se.

- Prøv fx at beskrive en cykel kun med ord, så forstår du sikkert hvorfor.

Biomega cykel,
designet af
Jens Martin
Skibsted, 1998.
Foto: Pernille
Klemp

Der findes mange forskellige måder at visualisere på. Det kan være gennem skitser, 3D-animationer, foto, video, diagrammer, modeller osv. Måske er der ting, der skal ændres eller justeres og rettes til. Og så er det vigtigt, at designeren har gemt skitser, noter og lignende, så man ikke skal begynde helt forfra, men kan søge tilbage til et bestemt led i processen.

Ud over at der undervejs i processen skal måles og beregnes, ligner designprocessen på flere måder den måde, hvorpå vi arbejder med matematik:

Man stilles over for et problem, der skal løses ved hjælp af matematik. Nogle gange er man bundet af bestemte regnearter eller måder at regne på, andre gange kan man vælge flere veje. Måske skal der bruges bestemte redskaber som vinkelmåler eller passer. Men uafhængigt af metoden er det nødvendigt at formidle resultatet. Dette kan gøres i form af tal, kurver, diagrammer eller tegninger. Endvidere er det en god ide at anskueliggøre metoden og udregningerne på vejen frem til resultatet. På den måde bliver det lettere at rette til, hvis noget er gået galt undervejs og skal korrigeres.

Æstetik og matematik

■ Proportioner handler om størrelsesforhold. Det kan fx være forholdet mellem længde og bredde. Men det kan også være forholdet mellem enkelte dele samt del og helhed.

Både inden for kunst, arkitektur og design arbejdes der med proportioner. Det er nemlig proportionerne, der er afgørende for, om vi synes, at noget er harmonisk og dermed smukt at se på. Det kalder vi æstetik. Mange mennesker føler sig ligefrem bedre tilpas, hvis deres omgivelser er udformet efter harmoniske proportioner.

Det gyldne snit er udtryk for en sådan proportion. Det svarer til proportionen $1:\phi$. Tallet ϕ (Phi) ligger meget tæt på 1,6. Det gyldne snit forholder sig altså som 1:1,6 eller som 5:8.

Man finder det gyldne snit ved at dele et linjestykke i to dele (a og b), således at forholdet mellem det længste stykke (a) og det korteste stykke (b) svarer til forholdet mellem hele linjestykket (a + b) og det længste stykke (a).



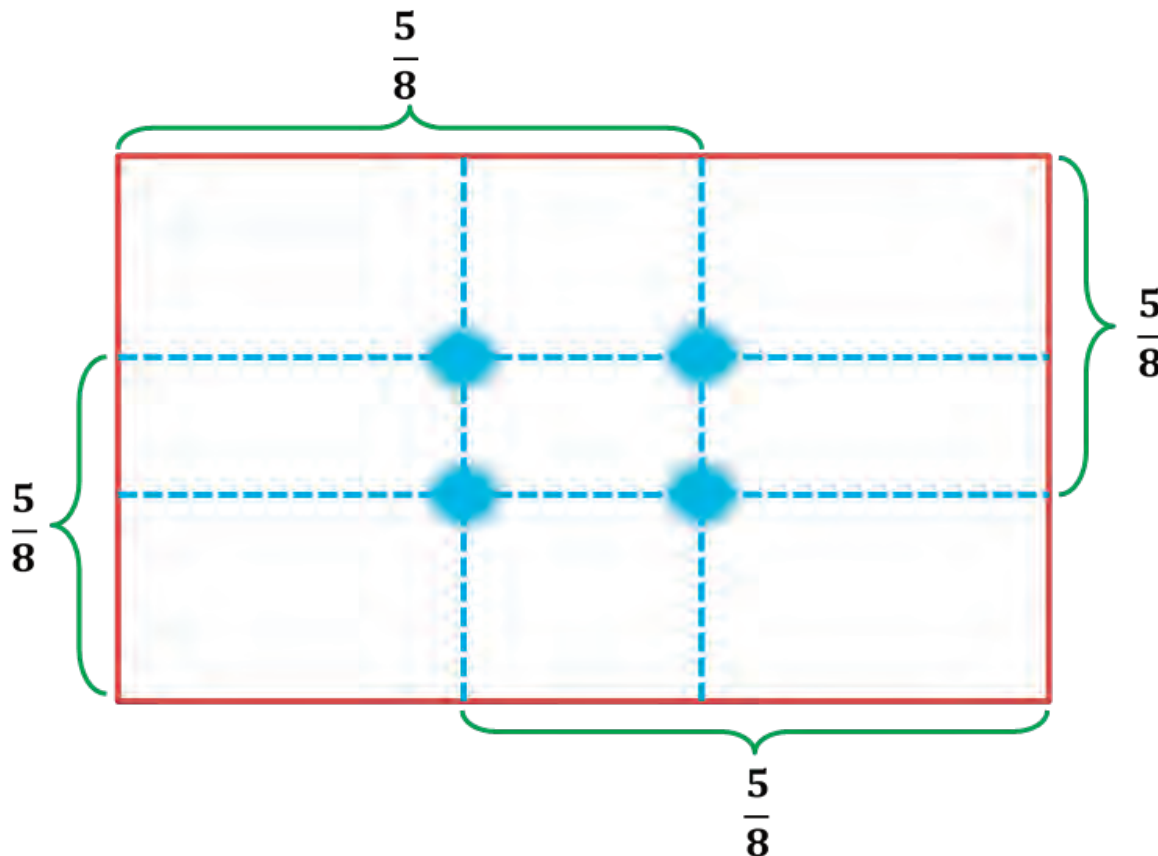
Linjestykke
inddelt efter
det gyldne snit

- Tegn en linje, og del den i det gyldne snit. Det er en fordel, hvis linjens længde kan deles med 8.
- Prøv også at tegne en firkant, hvor forholdet mellem længde og bredde svarer til det gyldne snit. En sådan firkant kaldes for „det gyldne rektangel”.

Inden for den klassiske arkitektur anvendte man ofte det gyldne snit. Men også på nyere bygningsværker er der gjort brug af proportionen – eller noget, der er tæt på.

Man kan overføre det gyldne snit til en bygning ved at tegne en linje $\frac{5}{8}$ ind på billedet af bygningen både i længden og bredden – se illustration.

Det gyldne snit
anvendt på
en flade



■ Find billeder af forskellige bygningsværker, og undersøg, hvordan det gyldne snit er blevet anvendt.

■ Find fx billeder af:

- ◆ Det græske tempel Parthenon i Athen
- ◆ Det italienske Pantheon i Rom
- ◆ CN Tower i Toronto, Canada
- ◆ SAS-bygningen på Vesterbro i København
- ◆ Taj Mahal i Agra, Indien
- ◆ Burj Al Arab, Dubai

■ Tag billeder af lokale bygninger som kirke, rådhus og skole, som I synes er hhv. pæne og grimme. Undersøg, hvilke proportioner der er anvendt, og vurder, om der er en sammenhæng.

■ Tegn en grundplan over jeres klasselokale, og prøv at indrette det efter princippet om det gyldne snit.

Standardmål og statistik

Når man arbejder med at designe tøj og sko, siger det sig selv, at det er nødvendigt at tage hensyn til menneskekroppens mål. Det tøj, vi almindeligvis køber i butikkerne, er designet med udgangspunkt i standardmål, som så skaleres op og ned alt efter størrelse.



Kjoler fra udstillingen Rokoko-Mania, Designmuseum Danmark 2012.
Design: Nikoline Liv Andersen
Foto: Pernille Klemp

Kunstneren Leonardo da Vinci var meget optaget af at undersøge menneskekroppen, og han har blandt andet tegnet en meget berømt figur, der skal illustrere en perfekt proportioneret mandekrop.

Et udgangspunkt for figuren er, at når mennesket strækker armene vandret ud, svarer afstanden mellem fingerspidserne til menneskets højde. Derfor kan man tegne personen ind i et kvadrat.

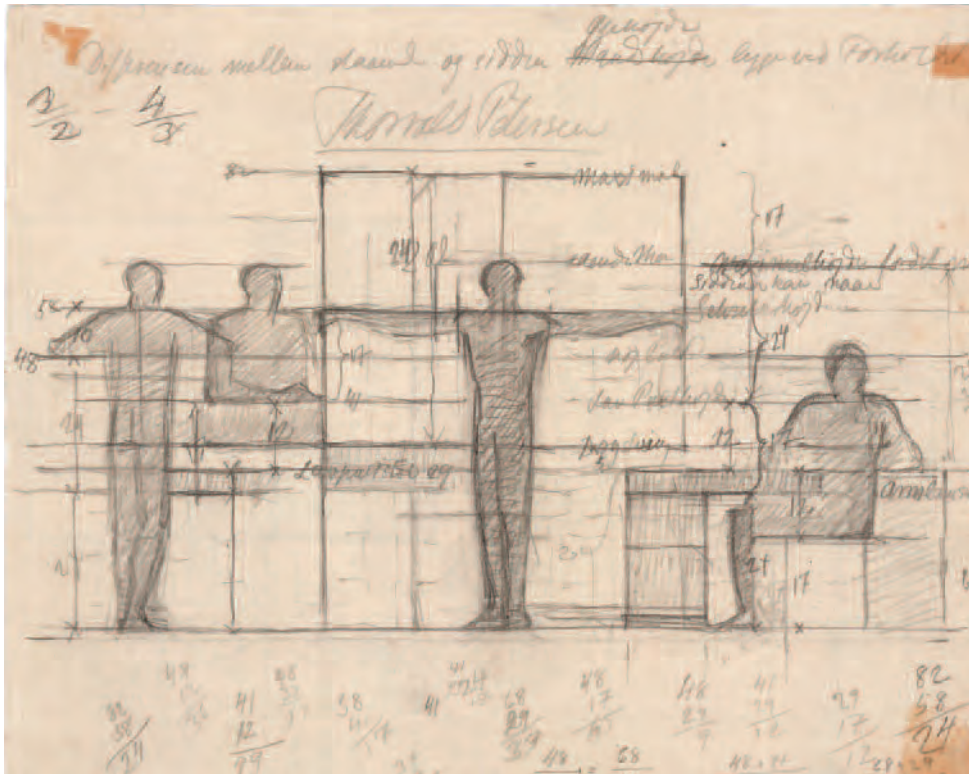
Et andet udgangspunkt er, at forholdet mellem afstanden fra gulvet til navlen og menneskets fulde højde svarer til det gyldne snit – altså 1:1,6.



■ Undersøg, om disse forhold også passer på dig og din klasse.

Den danske møbeldesigner Kaare Klint (1888-1954) lavede også studier af menneskekroppen i form af opmålinger. De skulle bruges som grundlag for at designe møbler, og på den måde kunne han udarbejde et helt sæt af standardmål, som kunne bruges, når der skulle fremstilles fx borde, stole og skabe.

Den vitruvianske mand – menneskets proportioner, tegnet af Leonardo da Vinci, ca. 1490.
Foto: Luc Viatour/
www.lucnix.be



Menneskelige brugsmål, tegning af Kaare Klint, 1918-19. Original udlånt af Danmarks Kunstmuseums bibliotek

Mange møbler er lavet ud fra standardmål. Men da vores kroppe alle har forskellige mål, kan der være stor forskel på, hvordan vi eksempelvis sidder i forskellige stole. Kontorstolen er et af de møbler, der kan indstilles individuelt. Det skyldes naturligvis, at man ofte tilbringer mange timer i den.

- Undersøg, hvilken siddehøjde en skolestol skulle have, hvis den blev specialdesignet til hver enkelt elev i klassen. Stil jer op ad væggen med knæene bøjet i en ret vinkel, og mål afstanden fra gulv til bagsiden af låret. Hjælp hinanden to og to.



Kevistolen er designet af Jørgen Rasmussen og blev lanceret i 1973. Foto: Thomas Ibsen

- Skriv hele klassens mål ind i et skema, og lav nogle statistiske beregninger over observationerne.
- Beregn middelværdien, og betragt denne som siddehøjden på en standardstol. Hvor mange elever i klassen ville standardstolen passe nøjagtigt til?
- Find ud af, hvor stor en variation der er mellem dine mål og middelhøjden. Hvor mange andre elever ligger inde for denne variation?
- Find ud af, hvor stor spredningen er mellem den højeste og den laveste elev.
- Sammenlign standardstolens mål med de stole, I sidder på i klassen. Hvordan passer de?

OPMÅLING

Opmåling til opbevaring

Hvis man har mange ting og lidt plads, har man brug for opbevaringsmøbler, der kan rumme meget uden at fylde meget.

Det var netop udgangspunktet for designerne Grethe Meyer og Børge Mogensen, da de udviklede Boligens Byggeskabe i 1950'erne.

Skabene var lavet på baggrund af designernes omhyggelige opmålinger af hverdagsgenstande. De målte bl.a. typiske beklædningsgenstande fra en standard dame- og herregarderobe og skabte derudfra et helt system af skabe, som kunne bygges sammen og integreres i boligen.



„Boligens Byggeskabe“ af Børge Mogensen og Grethe Meyer, 1957.
Foto: Jesper Høm, Furnitureindex

- Undersøg, om du udnytter pladsen i dit eget klædeskab.
- Læg en T-shirt sammen, som du plejer, og mål den. Hvordan skal T-shirten foldes, hvis skabets dybde skal udnyttes optimalt?



Skabe behøver ikke være firkantede.
Louise Campbells „Henslængte Klædeskabe“ fra 2000.
Foto: Erik Brahl, Furnitureindex

Design et skoskab

- Mål jeres sko (højde, længde, bredde), og design et skab, der passer nøjagtigt til hele klassens sko. I bestemmer selv, hvordan skabet skal se ud, men pladsen skal udnyttes optimalt, så der ikke er spildplads, og man skal nemt kunne komme til samtlige sko uden at skulle rykke rundt på noget i skabet.
- Lav en mock-up – dvs. en model i fuld størrelse. Brug fx pap fra brugte papkasser.

Reoler, moduler og kombinatorik

Når man bygger en reol af moduler, kan man sammensætte den, så den passer præcist til det, man gerne vil bruge den til. Kombinationsmulighederne afhænger af modulernes udformning. Det minder lidt om at bygge med LEGO. Hvis modulerne findes i forskellige former med forskellige mål samt i forskellige farver, og derudover både kan hænge på væggen og stå på gulvet, bliver kombinationsmulighederne uendelige. I praksis vil den plads, man har til rådighed, dog sætte en naturlig begrænsning.



Moduler fra reolsystemet „Montana“ i forskellige kombinationer.
Designet af Peter J. Lassen, 1982
Foto: Montana

Men selv med få variationer af grundmoduler kan man lave mange kombinationsmuligheder. Det er Mogens Kochs bogkasser et godt eksempel på. Bogkasserne måler 36 cm x 54 cm og findes i to forskellige dybder – 28 cm og 20 cm. Modulerne kan placeres både vandret og lodret.

Bogkasse
designet af
Mogens Koch
i 1940'erne
Foto: FDB Møbler



- Lav kombinationer af 5 moduler med en dybde på 28 cm. Find ud af, på hvor mange måder man kan kombinere disse moduler, når den samlede reol skal udgøre et rektangel.
- Tegn en oversigt over kombinationsmulighederne. Det er kun nødvendigt at tegne bogkasserne forfra.
- Hvis man erstatter det ene af modulerne med et, der kun er 20 cm dybt, hvor mange muligheder er der så for at lave kombinationer med en rektangulær reol?
- Lav en oversigt, der illustrerer kombinationsmulighederne. Tegn evt. det modul, som har en anderledes dybde, i en anden farve.

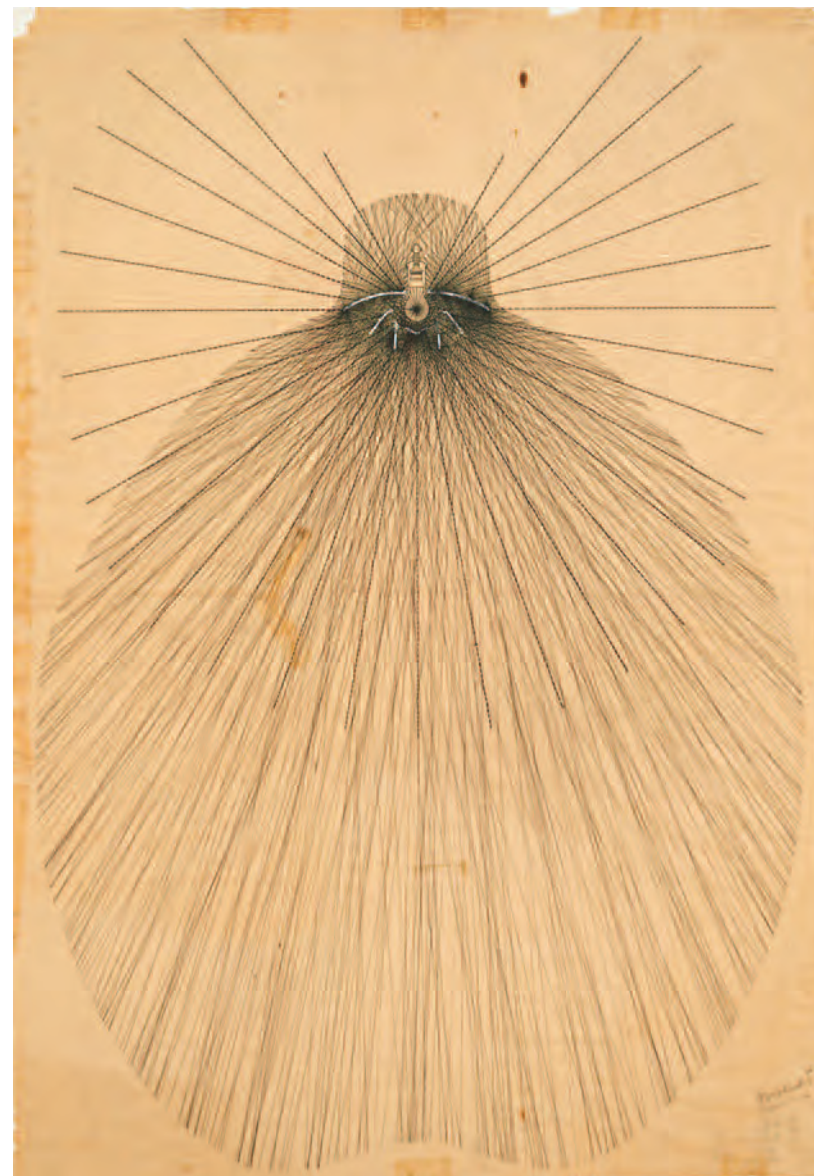
Lampeskærme og lysets refleksion

Selvom der er sket meget, siden Thomas Edison opfandt glødepæren i 1879 og frem til den LED-belysning, vi kender i dag, er der i begge tilfælde tale om elektrisk lys. Det er blot metoderne, der er forskellige. Men måden, vi anvender lys på, har også udviklet sig, og i dag skal lamper ikke bare kunne lyse. De indgår i høj grad som en del af vores indretning og er udformet forskelligt, afhængigt af om de skal anvendes som arbejdslys i køkkenet, læselampe i soveværelset, spotlys i en butik eller hyggebelysning i stuen.

Den danske arkitekt Poul Henningsen (1894-1967) satte sig for at lave lampeskærme, som skulle forhindre lyset i at blænde, og som samtidig skulle udnytte lysets kraft ved at sende det i en bestemt retning. Derfor gav han sig til at afprøve, beregne og indtegne lysstrålernes refleksion i de skærme, han designede.



Lampen fra omkring 1927, som Poul Henningsens undersøgelser resulterede i.
Foto: Pernille Klemp



Poul Henningsens undersøgelse af lysstrålernes refleksion i hans treskærmede lampe tegnet på pergament. De hvide streger angiver omridset af lamskærmene.
Foto: Pernille Klemp

Man kan finde lysets refleksion på følgende måde:

Tegn en linje vinkelret på den flade, der skal reflektere lyset. Denne linje kaldes en normal. Den vinkel, lysstrålen danner til normalen, når den lyser ind på fladen, kalder vi indfaldsvinklen. Den svarer til den vinkel, der dannes mellem normalen og den reflekterede lysstråle. Denne kaldes for udfaldsvinklen. Udgangspunktet for at beregne lysets refleksion er altså:

Indfaldsvinkel = udfaldsvinkel

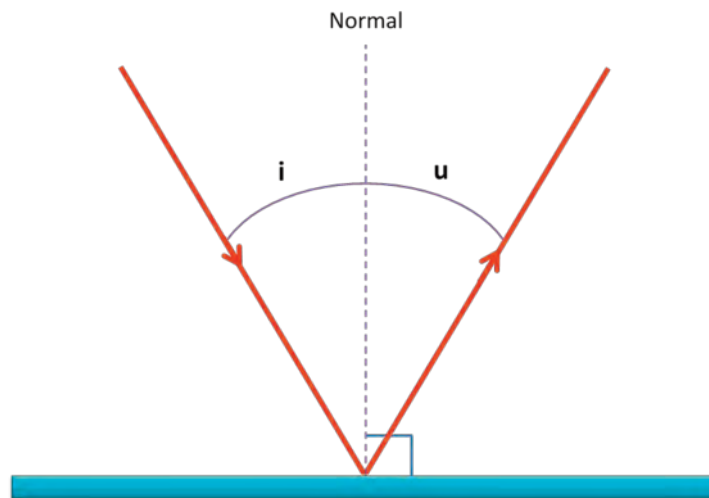


Illustration af
lysets refleksion



- Undersøg ved hjælp af et spejl, hvordan en lysstråle reflekteres, og prøv at måle vinklerne.
- Tegn tværsnittet af en lampe med en cylinderformet skærm, og tegn lysstrålernes refleksion forskellige steder i lampen. Du bestemmer selv højden og diameteren på skærmen.
- Tegn derefter tværsnittet af en lampe med kegleformet skærm. Højden og diameteren for nedden på skærmen skal være den samme som den cylinderformede.
- Sammenlign lysstrålernes refleksion, og vurder, hvilken af lamperne der egner sig bedst til at hænge over et spisebord.
- Sammenlign med de andres lamper. Hvilken betydning har lampens højde og diameter for, hvor højt den skal hænge, hvis man vil undgå at blive blændet?
- Prøv selv at designe en lampe, som giver et godt lys uden at blænde.

„PH5“ er en anden af Poul Henningsens mange lamper. Den består af 5 skærme og er fra 1958.
Foto:
Pernille Klemp

Konstruktion og volumen

Tænk, hvis service ikke kunne stables. Så skulle hvert et glas og hver en tallerken, hver kop, underkop, krus, gryde, pande, fad og skål stilles hver for sig. Det er nærmest umuligt at forestille sig, hvor mange køkkenskabe der så skulle til for at rumme alle vores ting.



Når kaffen skal drikkes i haven, er det praktisk at servicet kan stables. Diverse kopper i porcelæn, Royal Copenhagen.
Foto: Royal Copenhagen



„Ursula“ fajance-stel af Ursula Munch-Petersen, 1992. Foto: Kähler

Men for at ting kan stables, stiller det krav til deres design. Nogle ting er konstrueret, så de kan stables oven på hinanden. Andre ting stables ved, at de stilles inden i hinanden.

- Design en serie bestående af 3 skåle, der har samme form, men hver sin størrelse. Den mindste skål skal kunne stå nede i den næstmindste skål osv.
- Tegn først skitser, og overvej, fra hvor mange sider det er nødvendigt at tegne skålene. Lav dernæst en nøjagtig tegning af skålene i størrelsesforholdet 1:1, sæt mål på, og find ud af, hvor meget de hver især kan indeholde.

Materialeudnyttelse og spildprocenter

■ Indskudsborde er typisk lavet af træ. Men den danske møbeldesigner Poul Kjærholm (1929-1980) var fascineret af metal og har lavet et sæt indskudsborde med stel af aluminium og bordplader af materialet akryl. Indskudsbordene er konstrueret, så de kan skubbes ind under hinanden og dermed ikke behøver at optage så meget gulvplads, hvis de ikke er i brug.



„PK71“ indskudsborde stående samlet, Poul Kjærholm, 1957.
Foto: Kjeld Hellmer-Petersen

Bordpladerne er kvadratiske, og den mindste bordplade har sidelængden 25 cm, den mellemste 26,5 cm og den største måler 28 cm.



Bordene hver for sig og bordpladen taget af det mindste.

Foto: Kjeld Hellmer-Petersen

■ Beregn, hvor mange hele sæt bordplader der kan laves ud af en akrylplade på 1 m², og beregn spildprocenten.

■ Undersøg, om dette også gør sig gældende i praksis. Lav en tegning i størrelsesforholdet 1:10, som viser, hvordan bordpladerne skal skæres ud af en 1 m² stor kvadratisk akrylplade. Sammenlign resultaterne med beregningerne fra før.

■ Undersøg, hvilken betydning det har, hvis akrylpladen i stedet er rektangulær og måler 0,5 m i bredden og 2 m i længden.

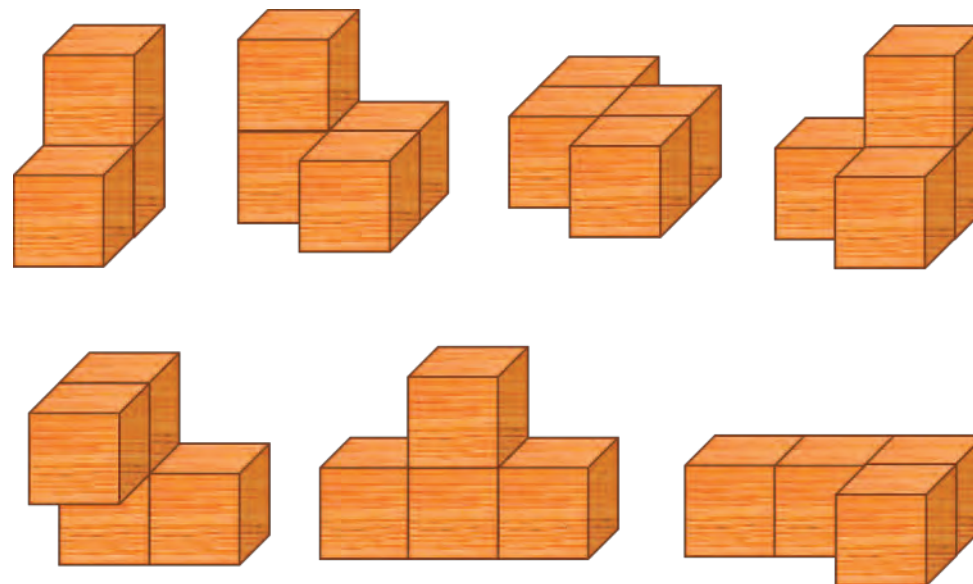
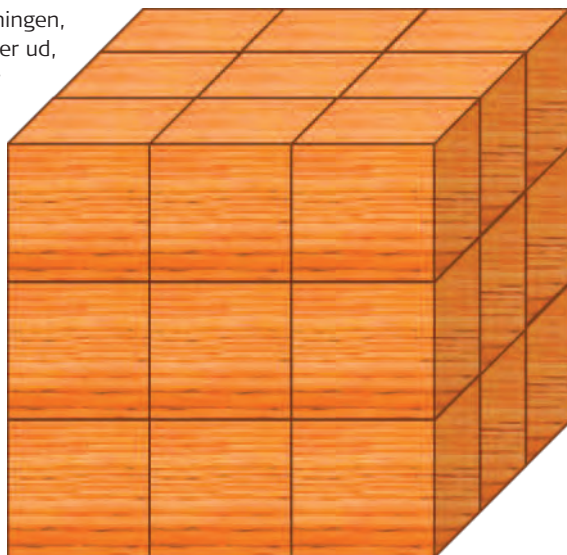
■ Beregn og sammenlign spildprocenterne.

Legetøj og konstruktion i 3D

 Puslespil er ikke nødvendigvis lette at samle, selvom de kun har få brikker. Sådan et puslespil er SOMA.

Spillet SOMA består af 7 forskellige figurer, som tilsammen kan danne en terning – hvis man altså kan finde ud af at samle dem rigtigt. Figurerne er sammensat af små terninger og udgør alle de kombinationer, 3 eller 4 terninger kan sammensættes på uden at danne en firkantet kasse. Ideen til spillet fik designeren Piet Hein (1905-1996) i 1936 under en forelæsning om kvantefysik. Figurerne ser ud som på tegningen.

SOMA-terningen, som den ser ud, når den er samlet



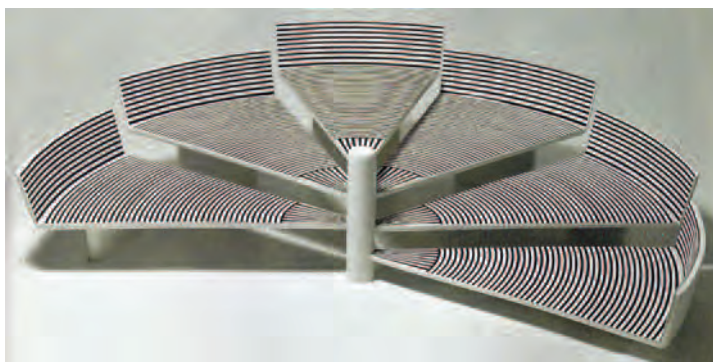
Figurerne, som indgår i terningen

- Lav de syv figurer af centicubes, eller fold dem selv i karton. Prøv evt. at forme figurerne i ét stykke.
- Find ud af, hvordan figurerne skal samles for at danne en terning, og lav en lille instruktionsfilm.

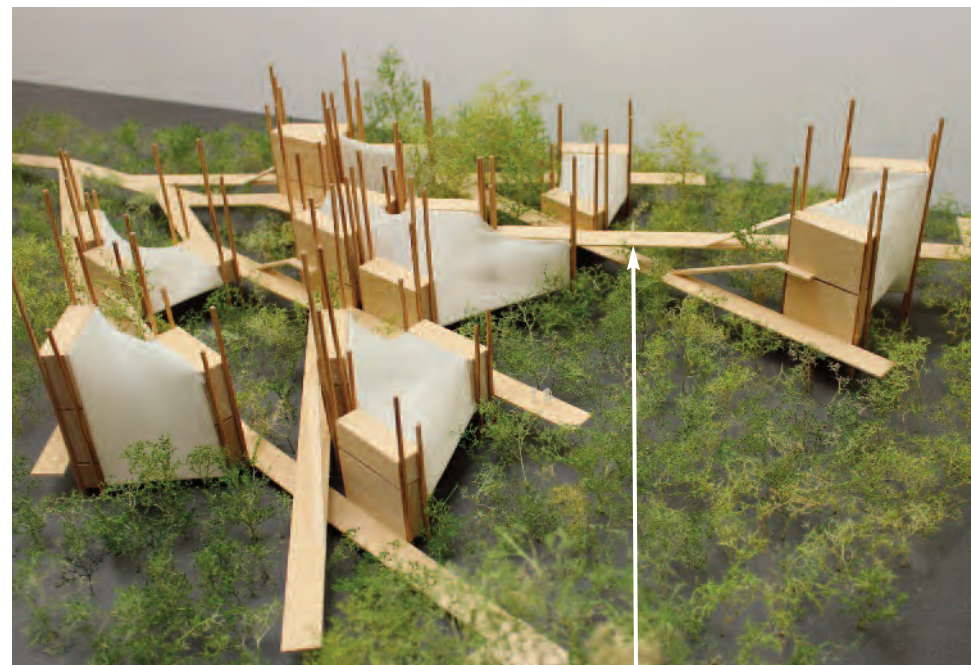
Skalafigurer og størrelsesforhold

Inden designere sætter en ting i produktion, laver de oftest en model for at visualisere deres ide. Hvis der er tale om genstande, vi genkender, har vi som regel ikke svært ved at forestille os, hvordan de vil se ud i fuld størrelse.

Men hvis man fx designer huse med en utraditionel facon eller genstande, man ikke umiddelbart kan se, hvad forestiller, kan det være svært at gennemskue den virkelige størrelse. Derfor anvender man små, menneskelignende figurer i samme målestok som modellen. Disse kaldes skalafigurer. På den måde kan man bedre danne sig et indtryk af, hvordan det kommer til at se ud i virkeligheden.



Nanna Ditzels model af en parkskulptur, 1991.
Skulpturen skulle være 5 m i diameter og 1,3 m høj og laves i beton.
Uden skalafigurer er det svært at forestille sig den reelle størrelse.
Foto: Furnitureindex



„Boase“ – arkitekt- og designstuderende fra Hold 4 har lavet denne model af deres bud på fremtidens bolig, der kan bygges på forurenet jord, 2000/01.
Foto: Gitte Kopenhagen, DMD



Skalafigurer, som angiver størrelsesforholdet på modellen

- Design en skolegårdsskulptur, der kan bruges som bænke. Dit forbogstav skal være udgangspunkt for skulpturens udformning.
- Lav en model af skulpturen i karton eller lignende materiale i størrelsesforholdet 1:50, og indsæt skalafigurer, der svarer til jeres egen højde.

Papirformater i teori og praksis

■ Det mest anvendte papirformat i Danmark kaldes for A4 og måler 210 mm x 297 mm. Papirformaterne er ordnet efter et bestemt internationalt system, og A-formaterne, som er skrive- og brevpapir, tager udgangspunkt i formatet A0, som har et areal på 1 m², og hvor forholdet mellem den korte og den lange side er 1:√2. Dvs. at papirets lange side = den korte side x √2. Et A0-papir måler således 841 mm x 1189 mm. Prøv selv at regne efter.

Da man rent fysisk skal kunne skære papiret ud, er målene rundet ned til nærmeste millimeter. Derfor er papiret ikke præcist 1 m². Hvor mange mm² mangler der? Hvor meget er det udregnet i procenter?



Eksempler på forskellige papirformater: Printerpapir (A4), skriveblokke (A5) og postkort (A6). Foto: Gitte Kopenhagen (DMD)



Det næste format i systemet hedder A1 og er halvt så stort som det foregående. Man finder målene ved simpelthen at halvere den længste side. Den korte side fra A0-formatet bliver dermed den lange side i A1-formatet. Jo større tal, der står efter A'et, desto mindre er papiret.

■ Prøv at beregne målene for de enkelte papirformater fra A0 til A10, og lav en illustration af, hvordan formaterne forholder sig til hinanden, når man hele tiden halverer størrelsen.

Papir kan bruges til meget andet end at skrive og tegne på. „Frugtlygten“ blev designet af Kaare Klint i 1944 og foldet i papir. I dag fremstilles lampen både i papir og plast. Foto: Le Klint

© Skoletjenesten og Designmuseum Danmark, 2015
Tekst og redaktion: Gitte Egholm Kopenhagen/Designmuseum Danmark
Layout: Kristin Wiborg/Skoletjenesten

Designmuseum Danmark

Bredgade 68
1260 København K
Tlf.: 33 18 56 56
Information vedr. undervisning og tidsbestilling findes på hjemmesiden:
www.designmuseum.dk

Forsiden:

„Biomega“ cykel, Martin Skibsted, 1998
Studier af lysstrålens refleksion, Poul Henningsen
„Det henslængte klædeskab“, Louise Campbell, 2000

**DESIGN
MUSEUM
DANMARK**

www.designmuseum.dk



www.skoletjenesten.dk

