



STEAM BUILDERS

$$a^2 + b^2$$

VII



Pædagogisk guide



Indholdsfortegnelse

Indledning	3
Del 1: STE(A)M: Integrering af kunst og humaniora i STEM	6
Del 2: Hvordan kan man ved brug af STEAM tilgå europæisk kulturarv?	15
Del 3: Og hvad med det digitale?	56
Del 4: At være en STEAM aktør	62
Del 5: En fordelagtig tilgang for alle: inklusion	68
Konklusion	74
Kildehenvisninger	78

Indledning

Velkommen til det første redskab i STEAMbuilders projektet, den pædagogiske guide om, hvordan man kan bruge historisk kulturarv til at forklare og kontekstualisere matematiske og videnskabelige koncepter.

Verden udvikler sig hurtigt takket være konstant foranderlig teknologi. Alligevel oplever de fleste lande en stigende mangel på kvalificerede, professionelle arbejdere i kritiske erhverv såsom videnskab, teknologi, ingeniørarbejde og matematik. Forklaringen på denne mangel kan muligvis findes i vores uddannelsessystem.

På trods af forsøg på at booste STEM undervisning viser de seneste PISA studier (2018), at vores uddannelsessystem endnu er utilstrækkeligt på STEM området. 22,4% af europæiske studerende præsterer dårligt i matematik og 21,6% i de videnskabelige fag. Det betyder, at mere end én ud af fem unge i Europa ikke er udstyret med de basale færdigheder, der er nødvendige for at varetage adskillige værdifulde job i vores nuværende økonomi.

Disse resultater er et klart incitament til at finde alternative løsninger og støttesystemer til at forbedre STEM undervisning. Det er meget vigtigt at beskæftige elever med disse emner, da de er af afgørende betydning.

For at skabe relevante støttesystemer og pædagogiske redskaber er det nødvendigt at undersøge, hvor disse lave præstationsniveauer kommer fra. Vores forskning indenfor emnet har ledt til en del af svaret. Ifølge et interview med professor Kouider Ben-Naoum ses en stigning i dårlige matematikpræstationer kun i de sidste år af folkeskolen, når vi går fra kontekstualiseret matematik til abstrakt matematik. Eleverne er ikke i stand til at forbinde, hvad de har lært i undervisningen med en konkret situation i den virkelige verden. Selvom den klassiske abstrakte teoribaserede tilgang har haft positive resultater, er den ikke længere indrettet til vores samfund, der nu i langt højere grad er baseret på proaktivitet. Dette bekræftes af Martin Andler fra Versailles Universitets afdeling og

laboratoire for matematik, der er tilknyttet CNRS og som opsummerer problemet således: "But where mathematicians make a mistake is in assuming that learning mathematics is a prerequisite, before showing what concrete problems they can solve. We end up with students who no longer understand why they learn maths".

Vi er ligesom disse professionelle indenfor matematikkens verden overbeviste om, at en mere praktisk tilgang til STE(A)M muligvis kan gøre eleverne mere engagerede samt interesserede i at forfølge en karriere indenfor STEM i fremtiden. Så snart vi viser dem, hvordan matematik og videnskab er til stede i alle aspekter af deres liv, og har været det siden de tidligste civilisationer, og hvis vi bruger tværfaglige undervisningsmetoder, vil vi være i stand til at vække elevernes interesse for, hvordan verden fungerer, og i sidste ende, i STEM. Disse pointer er begrundelsen for, hvorfor vi mener, at projektet STEAMbuilders er en god mulighed for at forbedre STEAM undervisning.

Vi vil ikke kun forklare, hvordan STEAM teori kan anvendes i forbindelse med kulturarvs-teknikker, vi vil også fortælle om den måde, hvorpå disse teorier først blev anset, konteksten bag opdagelsen af dem og konsekvenserne, de har haft for vores samfundsudvikling. Dette vil understrege vigtigheden af at lære STEAM fag og håndgribeliggøre abstrakte teorier gennem konkrete, historiske eksempler.

Denne guide er det første pædagogiske værktøj, som vi har skabt til dette projekt, og det grundlag, hvorpå vi vil formulere de efterfølgende. Den er designet til at hjælpe lærere med at anlægge en tværfaglig tilgang og knytte STEAM pensum til brugen af kulturarv og principper fra faget historie. Det er meningen, at guiden skal være praktisk og brugervenlig med en klar struktur og byde på konkrete eksempler fra den virkelige verden for at lette målgruppernes daglige brug.

Vi vil lægge særligt vægt på at gøre denne guide og de efterfølgende materialer inkluderende og brugervenlige for elever med Specifikke Læringsvanskeligheder (SLD'er), men også for enhver elev, der er en del af en af de grupper, som har sværest ved at følge med i STEAM fagene; unge piger, elever med færre muligheder osv.

For at opnå de førnævnte målsætninger i denne første guide, vil vi strukturere den omkring de følgende kapitler:

Først og fremmest, "Del 1: STE(A)M: Integrering af kunst og humaniora i STEM", hvori vi vil definere begreberne STEM og STE(A)M, hvor disse begreber kommer fra, såvel som deres forskelle og målsætninger. Vi vil undersøge denne metodes betydning, denne tilgangs forskellige fordele, og vi vil skitsere en model for STEAM undervisningen.

Andel del af denne guide vil omhandle: "Hvordan kan man ved brug af STEAM tilgå europæisk kulturarv?", hvori vi vil undersøge linket mellem STEAM pensum og kulturarv (fra menneskets forhistorie til den industrielle revolution). Vi vil give nogle eksempler på skoleaktiviteter, der forklarer projektets navn, STEAM Builders; projektet der søger at genopbygge STEAM-koncepter gennem kulturarvsteknikker og faget historie. Disse eksempler vil fokusere på: Teknikker og stenalderen, matematik og det antikke Grækenland, teknologiske opfindelser og det romerske imperium, konstruktion, opmåling og katedralernes tidsalder, renæssancens kunst, videnskab og teknik og slutteligt videnskabelige opdagelser og oplysningstiden.

I den tredje del af denne guide vil vi undersøge det digitale rolle i dette projekt og i undervisningen generelt. Denne del vil inkludere eksempler på STEAM eller kulturarvsteknikker, som er lavet med det digitale, blandt andet.

Den fjerde del vil omhandle det at være en aktør i STEAM undervisning samt hvem, hvordan, hvornår og hvor man kan bruge STEAM tilgangen til undervisning.

Den femte og sidste del vedrører inklusionsaspektet i vores projekt og undervisning generelt.

Lad os nu begynde med STE(A)M: Integrering af kunst og humaniora i STEM.

Del 1: STE(A)M: Integrering af kunst og humaniora i STEM

1. STEM versus STE(A)M: Definition og målsætninger

I 2001 introducerede USA's National Science Foundations (NSF) videnskabelige administration officielt forkortelsen STEM. Dette fokus på fag såsom videnskab og teknologi i undervisningen går dog betydeligt længere tilbage i tiden - til starten på rumkapløbet mellem Sovjetunionen og USA, da Sputnik, den første satellit, der blev sendt i kredsløb om jorden, blev affyret af Sovjetunionen i 1957 (Lathan, 2015).

Begrebet STEM står for videnskab, teknologi, ingeniørkunst og matematik (Science, Technology, Engineering and Mathematics). STEM undervisning er en multidisciplinær¹ metode til læring, hvor krævende akademiske forestillinger bliver forenet med lektioner fra den virkelige verden, når elever gør brug af videnskab, teknologi, ingeniørkunst og matematik. Fagene bliver brugt i en ramme, der forbinder skole, arbejde, fællesskab og globalt foretagende, der muliggør udviklingen af STEM læring (*Defining STEM in Education – Science, Technology, Engineering and Mathematics*, n.d.). Det er med andre ord undervisning i STEM fag ved brug af én samlet metode; en metode der tilbyder praktiske og samtidig betydningsfulde læringsoplevelser. Det er nødvendigt at integrere mere STEM undervisning i den daglige skolegang, ind i det traditionelle undervisningssystem, ved at starte tidligt med de yngste elever (*What Does STEM Stand For?*, 2015).

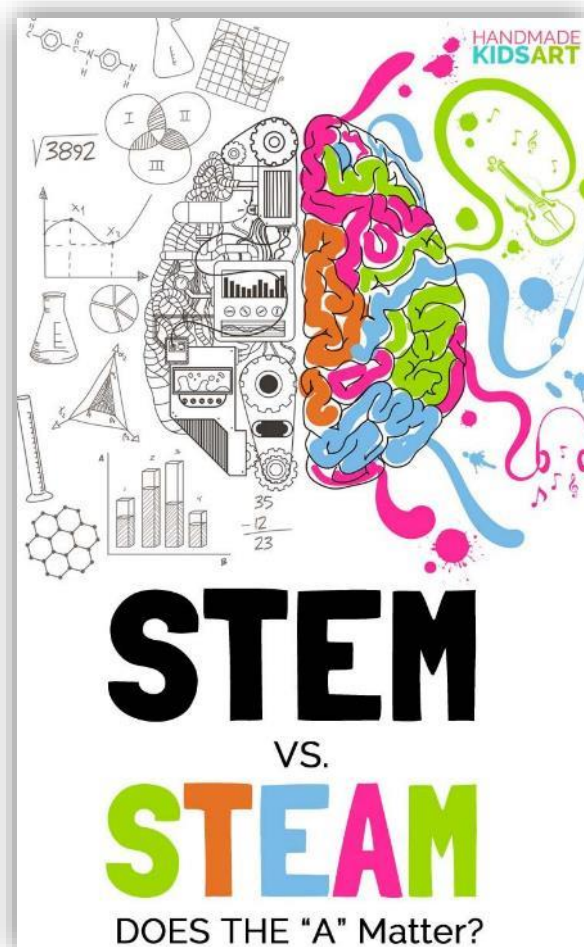
Målsætningerne omfatter at lære fag såsom videnskab, teknologi, ingeniørkunst og matematik som ét (på en kombineret måde), såvel som at tilegne færdigheder gennem forklarende læring, problemløsning og kritisk tænkning, som kan blive inkorporeret i de emner, der gør STEM undervisning gavnlige (*What Does STEM Stand For?*, 2015).

¹ kombinere to eller flere akademiske felter (*Definition of Multidisciplinary | Dictionary.Com*, n.d.)

Georgette Yakman, underviser i ingeniørvidenskab og teknologi, er den innovator, der opdaterede STEM til STEAM ved at tilføje et A for "arts", en betegnelse der i denne sammenhæng dækker kunst og humaniora. Georgette var hovedforskeren bag STEAMs undervisningsmæssige kontekst i 2006. Denne opdatering handlede ikke kun om at tilføje et felt til STEM eller sammenflette design og kunst med en STEM kontekst, men nærmere at reformere STEM fagenes hvad og hvordan med kunstens hvem og hvorfor (Lathan, 2015).

STEAM repræsenterer dermed videnskab, teknologi ingeniørvidenskab, kunst og matematik. Derfor er STEAM et udtryk for STEM, men med tilføjelsen af kunst dvs. sprog, visuel kunst, humaniora, dans, musik, teater, design og nye medier. Mens STEM fokuserer på de videnskabelige fag, undersøger STEAM de samme fag, men derimod gennem analyse og problembaserede læringsmetoder anvendt i en kreativ fremgangsmåde. Det vil sige, at forskellige undervisere arbejder sammen for at generere et visuelt interessant produkt baseret på den centrale forståelse af STEM. For eksempel bliver matematikken bag parabeln brugt i skabelsen af kunstneriske billedsprog, der viser, at STEAM ikke er et nyt koncept og at kunstnere såsom Leonardo Da Vinci med billedsprog har understreget betydningen af at kombinere videnskab og kunst for at gøre nye opdagelser (Wade-Leeuwen et al., 2018).

Da de kunstneriske fag blev en del af STEM, blev STEM konceptet i stand til at genopstå og forbinde med langt flere elever og hjælpe dem med at engagere sig i deres læring på en tryk, kreativ og kritisk måde. Ifølge Forbes har nutidens samfund brug for, at alle studerende involverer sig i og har STEM-baserede problemløsningsevner for at kunne



Kilde:

<https://www.pinterest.com/pin/2251868543419021/>

løse de udfordringer, de støder på i nutidens samfund. Undervisernes opgave er at åbne nye døre og skabe begejstring omkring læring, særligt i STEM, og derfor åbner STEM kombineret med kunstneriske fag endnu flere døre (Milgrom-Elcott, n.d.). Ydermere er det værd at overveje, om STEAM ikke også tager STEM et skridt videre ved at lægge vægt på kunsten, anspore til at arbejde med feltet og anvende dets forestillinger i multidisciplinær læring, der understøtter kreativitet i fag såsom videnskab, matematik, ingeniørvidenskab og teknologi. STEAM lægger vægt på at undervise elever i at danne forbindelser mellem forskellige fag, så de kan få mest muligt ud af at lære om hvilket som helst emne; fra kodning og robotdesign til musik og læsning. Desuden kan vi konkludere, at der er mindre testning og mere problemløsning, analyse og anvisning ved at bruge STEAM koncepter. Selvom både STEM og STEAM vedrører videnskabelige og matematiske emner, adskiller de sig i deres tilgang til undervisning og læring i klasseværelset (Vaden, 2020). For eksempel søger STEAM at stimulere samt skabe interesse og en vedvarende kærlighed til de kunstneriske og videnskabelige fag i en tidlig alder (Lathan, 2015).

2. Hvorfor denne metode er vigtig



I det moderne samfund betyder forberedelse af eleverne på fremtidige præstationer at afsløre dem og disse discipliner på en forståelig måde for at udvikle elevernes kritiske tænkning. Denne metode er vigtig, da undervisning i dag er presset til at reagere på en foranderlig verden. Jo tidligere eleverne introduceres til

STEAM koncepter, jo bedre.

Et Microsoft studie viste, at fire ud af fem STEM studerende på en videregående uddannelse (78%) besluttede sig for at tage STEM fag, da de gik i gymnasiet eller før, og at én ud af fem studerende på en videregående uddannelse (21%) besluttede sig for det



engang i femte til niende klasse eller før. Alligevel har kun én ud af fem STEM studerende på en videregående uddannelse følelsen af, at deres sekundære uddannelse klædte dem ordentligt på med viden, som de kunne bruge i STEM kurser på deres videregående uddannelser. Ydermere viser studiet en ulighed mellem mænd og kvinder, når det drejer sig om beskæftigelse i STEM felterne. Derfor er det også vigtigt at forsøge at få flere piger til at blive interesseret i STEAM koncepter (Lathan, 2015).

Bortset fra det faktum, at en STEAM kontekst hjælper elever med at udvikle færdigheder indenfor problemløsning, kritisk tænkning og at bruge deres kreativitet, så forbereder det dem også på arbejde indenfor områder, der i høj grad er i vækst. Ifølge en rapport fra USA's Bureau of Labor Statistics regner man med en stigning på 8% i STEM og STEAM-relaterede professioner mellem 2019 og 2029. Til sammenligning vil professioner, der ikke er relaterede til STEM, kun stige med 3,4%. Selv hvis de studerende ikke vælger at følge en STEM/STEAM-relateret karrierevej, kan alle færdighederne, som de studerende erhverver fra STEAM undervisningen, blive oversat til og anvendt i forskellige andre professioner (*Employment in STEM Occupations*, n.d.). Ifølge Stephen F. DeAngelis, teknologisk innovator og formand for Enterra Solutions: "Educating students in STEM subjects (if taught correctly) prepares students for life, regardless of the profession they choose to follow". En af de mest betydningsfulde dele af denne undervisningsmetode er, at elever, der bliver undervist ud fra STEAM konceptet, ikke kun lære om emnet, men også lære, hvordan man lærer generelt, hvordan man eksperimenterer, hvordan man stiller spørgsmål, og hvordan man kreere (Lathan, 2015). Denne STEAM læringskontekst leder eleverne i retningen af at implementere færdigheder, der er essentielle i det 21. århundrede, såsom forbindelse, fællesskab og kultur (Wade-Leeuwen et al., 2018).

Undervisningen i en STEAM kontekst støtter følgende:

- **Læring gennem hands-on aktiviteter**
- **Udviklingen af en voksende tankegang**
- **Øget engagement i klasselokalet**



- **Tilknytning til den virkelige verden gennem læring i klasseværelset.**

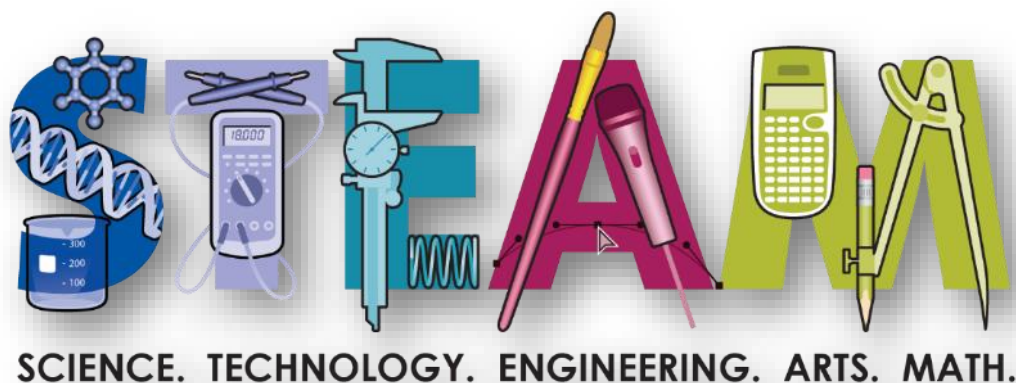


Kilde: <https://acerforeducation.acer.com/education-trends/5-main-benefits-of-steam-education/>

De ovenstående aspekter er væsentlige i betragtning af, at uddannelse ikke længere bør dreje sig om at lære bestemte færdigheder, men derimod om at forberede eleverne på fremtiden. Selvom flere traditionelle skoleområder lægger vægt på de standardiserede testresultater lige så vel som indlæring for at sikre en velbalanceret uddannelse, er der alligevel en del, der taler for at inkludere interesser og kreativitet i ethvert pensum. I en verden, der er i konstant forandring, vil fremtidens arbejdspladser med sikkerhed kræve, at alle unge mennesker har evner indenfor STEAM. Dette handler dog ikke kun om at forberede eleverne på fremtidigt arbejde, men også om, hvad disse oplevelser giver eleverne; de hjælper dem med at vokse op og blive selvstændige, dygtige og intellektuelt nysgerrige. Selvom den moderne verden bliver mere og mere STEM fokuseret, har elever i virkeligheden mange forskellige interesser. Elever er ikke kun interesserede i matematik men også i essentielle aspekter ved at udvikle sig på tværs af flere akademiske områder, hvilket forbereder dem på at lykkes i, hvilket som helst pensum, de vælger.

Læringsredskaberne i STEAM, der bruges til at skabe oplevelser, som takler emner fra forskellige vinkler for at gøre læringen tilgængelig og spændende, vedrører mere end bare det grundlæggende indenfor kodning. En velrundet lektion eller endda uddannelse indebærer, at undervisere skal forsyne elever med så mange emner og sammenhænge som muligt fra en tidlig alder for at hjælpe dem med at indse, hvad der er deres styrker og interesser (Vaden, 2020).

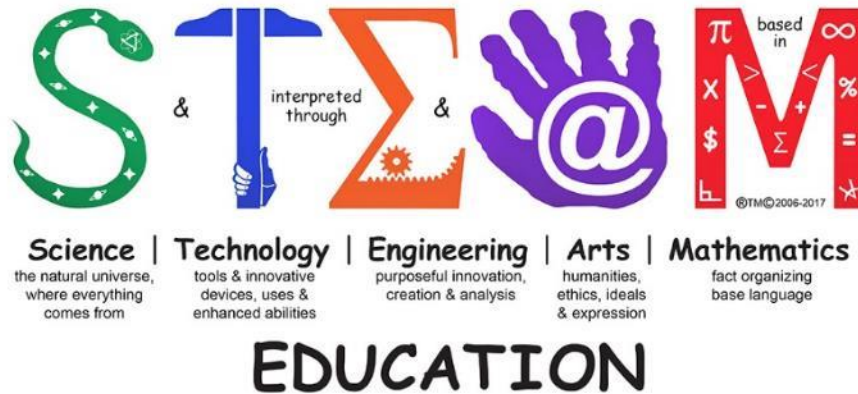
Slutteligt er det værd at påpege, at selvom økonomien og jobmarkedet fortsat er i hastig forandring, har uddannelsessystemet ikke forandret sig og undervisere fortsætter med at undervise elever i de samme emner i det samme klasseværelsesmiljø.



Kilde: <https://scholarlyoa.com/the-change-of-education-trends-to-steam/>

STEAM-baseret læring søger at hjælpe elever med at udvikle de færdigheder, der er nødvendige for at være succesfuld – både i den professionelle og private sfære – i fremtiden. Lige meget hvilken industri eller stilling, så bør elever, der ønsker af fortsætte på en videregående uddannelse eller begynde på arbejdsmarkedet, blive forsynet med et sæt fuldtudviklede færdigheder, der tillader dem at tilpasse sig et tempofyldt og foranderligt miljø. Ved at samle fem betydningsfulde discipliner skaber STEAM et inkluderende læringsmiljø, der inspirerer elever til at samarbejde, deltage og løse problemer. Denne omfattende metode hjælper elever med at bruge både venstre og højre hjernehalvdel samtidig og inspirere dem til at træne begge dele, sådan som de forventes at gøre i et arbejdsmiljø i det 21. århundrede (Thomas, 2020).

3. Opsummering af STEAM metoden



Kilde: <https://steamedu.com/developing-steam-education-to-improve-students-innovative-ability/>

Et af hovedmålene ved STEAM konceptet er at skabe et funktionelt program, der er nemt at tilpasse til alle elevtyper og baseret på naturlige læringsformer. Videnskab og teknologi fortolkes gennem ingeniørarbejde og kunsten, der alt sammen bliver forstået gennem matematikken. Undervisningseksempler udelader ofte forklaringen på, hvordan disse fagområder er forbundet samt hvad og hvor denne STEAM konstruktion kan blive anvendt til at hjælpe de elever, der er udenfor deres område af ekspertise (Yakman et al., 2019).

Denne opfattelse begyndte med udviklingen af en uddannelsesmæssig ramme, der officielt forbandt videnskabelige studier med kunstinddelingerne. Ydermere fører denne undersøgelse til et stort omfang af hver af de vigtigste fagområder, som forventes at yde højere uddannelsesmæssige inddelinger, der derudover kunne klassificeres som havende indflydelse og værdi indenfor hver af de andre "silo tilgange" sammen med alle de fysiske, sociale kunstneriske områder. I det følgende opsummeres den STEAM-baserede læringstilgang:

- **Videnskab:** Omhandler alt, hvad der eksisterer naturligt og hvordan det bliver påvirket. Området inkluderer følgende fag: biologi, biokemi, kemi, fysik, rumforskning, geoscience samt bioteknologi og biomedicin.
- **Teknologi:** Dette felt henviser til alt menneskeskabt. Det kan defineres som innovation, modifikation eller ændringer i et naturligt miljø for at tilfredsstille de

opfattede menneskelige behov og ønsker. Det inkluderer følgende: landbrug, bygningskonstruktion, kommunikation, information, fabrikation, medicin, kraft og energi, produktion og transport.

- **Ingeniørarbejde:** Omhandler design, opfindelse, forskning og udvikling eller med andre ord "Design underlagt begrænsninger". Denne betegnelse inkluderer følgende: luftfart, arkitektur, kemi, computerteknik, elektronik, miljø, fluidmekanik, industri og systemer, materialer, mekanik og søfart.
- **Matematik:** Kan defineres som studiet af symbolske forhold, tal, mønstre og former, uvished og argumentation. Matematik består af følgende fag: algebra, regning, dataanalyse, sandsynlighedsregning, geometri, tal og operationer, problemløsning, fornuft og bevis, teori og trigonometri.
- **Kunst:** Inkluderer kunst, sprog og retorik samt motorisk og fysisk kunst.
 - Sproglig kunst: Omhandler den måde, hvorpå forskellige typer kommunikation bliver anvendt og tolket. Dette inkluderer skrift, tegn, talt, sang eller endda vist med kroppen osv.
 - Fysisk: "Manuel" og atletisk kunstformer, der inkluderer ergonomiske bevægelser.
 - Liberal og social: Dette inkluderer undervisning, filosofi, historie, psykologi, politik, Science Technology Society-studier (STS), teologi osv.
 - Kunst: Kan defineres som æstetiske udtryksformer samt de ældste bæredygtige, kulturelle genstande, hvor de kommer fra, og hvordan de, som de tidligste optegnelser fra civilisationer, kan lære os om disse.

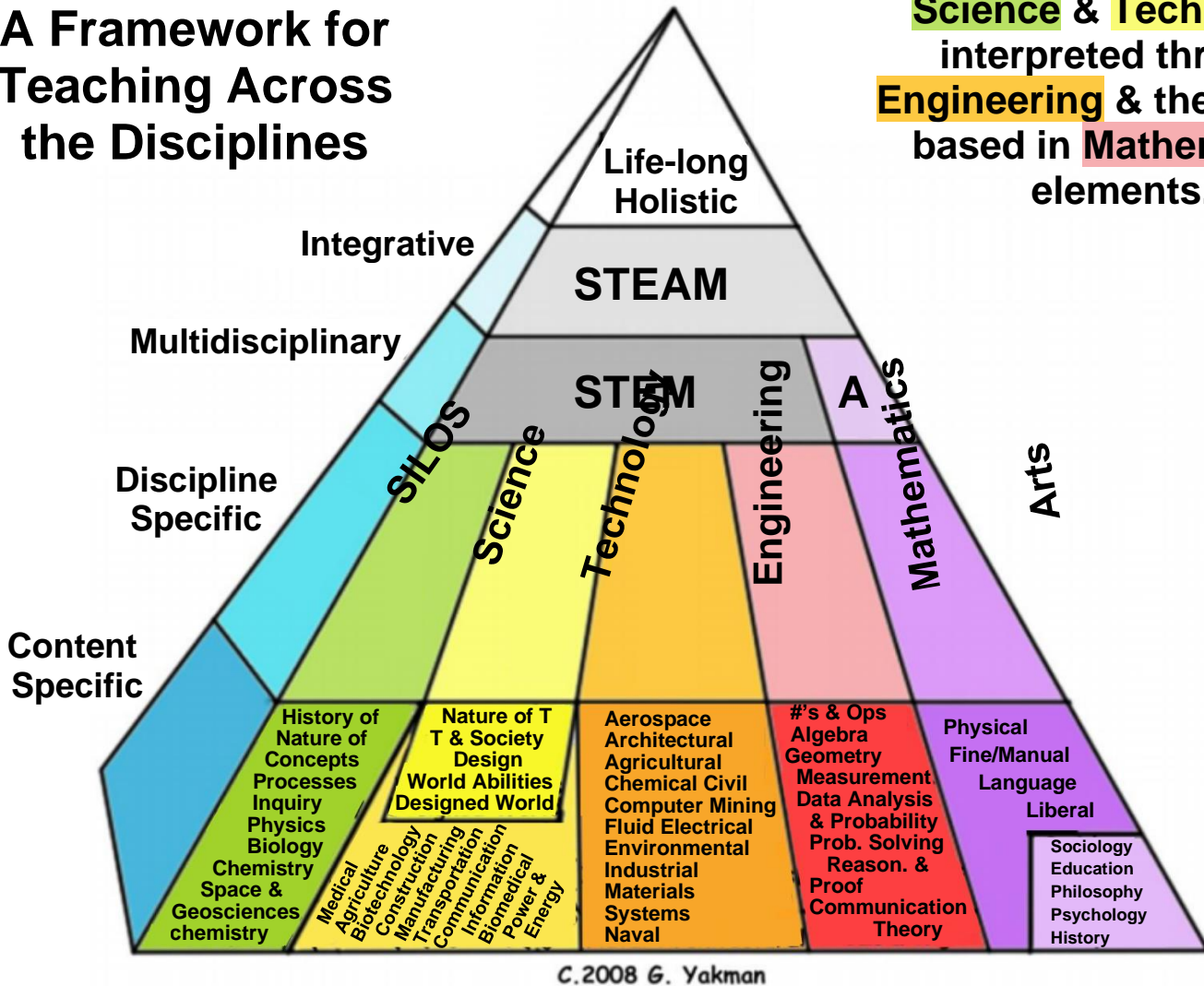
Ved at tydeliggøre, hvad de sociale, manuelle, fysiske og liberale kunstformer indebærer, får man en forståelse for, hvordan disse felter kan udvides til at påvirke samt blive støttet af STEM felternes praksis og studier. Den ovenstående undersøgelse har ledt til udviklingen af en konstruktion, der er baseret på STEAM og kan hjælpe undervisere i at undervise i disse emner på en måde, der forbinder dem til virkelighedens verden. Det følgende diagram fremviser en konstruktion, der er baseret på strukturen og analysen af den interaktive karakter af både undersøgelse og praksis indenfor de formelle områder: videnskab, teknologi, ingeniørarbejde, kunst og matematik (Yakman et al., 2019).

STEAM:

A Framework for Teaching Across the Disciplines

STEAM =

Science & Technology interpreted through Engineering & the Arts, all based in Mathematical elements.



STEAM-baseret undervisning kan udføres på en behagelig og meningsfuld måde, der kan få flere elever til at engagere sig og blive mere forankret i et allerede veletableret felt og uddannelse (Yakman et al., 2019).

Del 2: Hvordan kan man ved brug af STEAM tilgå europæisk kulturarv?

Indledning 177

Første eksempel: Teknikker og stenalderen Error!

Bookmark not defined.8

Første aktivitet: Stenaldermennesket – en fortællende introduktion 21

Anden aktivitet: At lave en snor og et smykke..... 233

Tredje aktivitet: Stenalderens mønstre..... Error! Bookmark not defined.5

Andet eksempel: Matematik og det antikke

Grækenland 266

Første aktivitet: Måling af et solidt objekts rumfang 299

Anden aktivitet: Måling af et objekts renhed..... 30

Tredje aktivitet: Måling af en bygnings højde 311

**Tredje eksempel: Teknologiske opfindelser og det
romerske imperium Error! Bookmark not defined.2**

Første aktivitet: Introduktion til romerske talord Error! Bookmark not defined.4

Anden aktivitet: Konstruktion af en romersk vej Error! Bookmark not defined.4

Tredje aktivitet: Lav din egen romerske olielampe Error! Bookmark not defined.6

Fjerde aktivitet: Lav din egen akvædukt Error! Bookmark not defined.6



Fjerde eksempel: Konstruktion, opmåling og katedralernes tidsalder .. Error! Bookmark not defined.8

Første aktivitet: Workshop i at lave snore til opmåling Error! Bookmark not defined.

Anden aktivitet: Katedralernes bygmestre Error! Bookmark not defined.2

Tredje aktivitet: Vinduer med farvet glas og rosettevinduer Error! Bookmark not defined.3

Femte eksempel: Renæssancens kunst, videnskab og teknik..... Error! Bookmark not defined.

Første aktivitet: Renæssancens kunst og geometri..... Error! Bookmark not defined.5

Anden aktivitet: Leonardo da Vinci..... Error! Bookmark not defined.

Sjette eksempel: Videnskabelige opdagelser og oplysningstiden Error! Bookmark not defined.

Første aktivitet: Kædereaktion..... Error! Bookmark not defined.

Anden aktivitet: Faldende objekter Error! Bookmark not defined.

Tredje aktivitet: Statisk elektricitet og elektrisk ladning Error! Bookmark not defined.3

Konklusion..... Error! Bookmark not defined.4

Indledning

Videnskaben oplever hastige fremskridt ved hjælp af teknologi, mere specifikt med udviklingen af edb-maskiner. Moderne udstyr og ydelser understøtter forskernes samarbejde og tillader dem at teste nye teorier og design samt implementere nye eksperimenter med en hidtil uset hastighed. Store tænkere såsom Aristoteles, Pythagoras, Galileo, Newton, Boyle, Demokrit, Pasteur, Descartes, Euklid, Fibonacci, Hypatia, Gilbert, Kepler og mange flere lagde gennem flere århundreder fundamentet for videnskab og filosofi. Ved brug af improviserede redskaber studerede de adskillige fænomener fra et videnskabeligt perspektiv og beviste deres synspunkter empirisk og teoretisk.

Men hvilke opdagelser har disse store forskere gjort? Hvilke procedurer brugte man i det antikke Grækenland eller i middelalderen eller i forskellige civilisationer i Europa? Hvordan kan vi lære om historie og kunst fra en videnskabelig synsvinkel? Dette er nogle af de problematikker, som vil blive behandlet i de følgende afsnit. Hvert afsnit indeholder historisk info og derefter eksperimenter og aktiviteter, der bliver forklaret trin for trin. Disse aktiviteter er knyttet til forskellige historiske perioder. Undervisere kan tage disse aktiviteter med til deres egne klasseværelser eller bruge dem som forslag til at udvikle nye aktiviteter. Elever kan udvikle deres videnskabelige færdigheder og lære mere omkring europæisk kultur og historie. Disse STEAM aktiviteter forbedrer elevernes engagement og fremmer deres forståelse gennem tværfaglig tilgang.

I det følgende vil vi præsentere aktiviteter, der er knyttet til det antikke Grækenland, det romerske imperium, katedralernes tidsalder, renæssancen og oplysningstiden. På den måde vil eleverne blive bekendt med forskellige historiske perioder, videnskabsmændene og hver periodes kultur. Gennem hands-on aktiviteter vil de få en bedre forståelse for den fysiske verden og naturvidenskaberne.

Første eksempel: Teknikker og stenalderen

Fra et historisk, europæisk perspektiv er stenalderen vigtig, da alle nationer har haft en stenalder. Det er en tidsalder, som alle lande har været igennem, men på forskellige tidspunkter. Periodens længde er meget forskellig fra land til land i Europa, da de skandinaviske lande var dækket af is indtil 13.000 f.v.t. Stenalderen er en periode med mange forskellige stenalderkulturer, men perioden bliver ofte opdelt i to: den mesolitiske/ jæger-samler samfund og den neolitiske/ bondestenalder. Selvom denne periode fandt sted for meget lang tid siden og derfor kan virke fjern, er det vores opfattelse, at den gennem den rigtige tilgang kan virke meget nær for både børn og voksne. Da vi ikke har nogle skrevne kilder fra stenalderen, er det gennem arkæologiens resultater og videnskaben bag fundene, at vi får svar på de spørgsmål, vi må have. Det giver ikke kun en interesse i stenalderen, men også et syn på de metoder og de teknikker, der bliver brugt. Stenalderen er det fundament, hvorpå vores civilisation hviler, og da perioden er så fjern for nutidens mennesker, er det oplagt at starte med menneskets grundlæggende levevilkår i perioden, nærmere bestemt vedrørende deres liv, føde, beklædning, konflikter, klimaforandringer og livet i interaktion med naturen.

Et eksempel på en specifik stenalderkultur

Køkkenmøddingen ved Ertebølle bliver anset for et af Europas mest betydningsfulde monumenter. Den blev skabt for over 1500 år siden langs datidens kystlinje af stenaldergrupper, der levede som jæger-samlere. Møddingen var oprindeligt 140 meter lang, 20 meter bred og op til 2 meter tyk, og den bestod af østersskaller, madrester, kasserede redskaber og få menneskeskeletter. Bunken af skaller er en arkæologisk guldmine, og den er velbeskyttet under et lag tørv langs stenalderkystlinjen cirka 500 meter fra landsbyen Ertebølle.

Den lille landsby Ertebølle lagde ikke kun navn til Ertebøllekulturen (5400-3900 f.v.t); opdagelsen af stedet gjorde det også muligt at opdele stenalderen i den mesolitiske og neolitiske periode, dvs. jægerstenalderen og bondestenalderen.



Her ses en lille del af den oprindelige køkkenmødding med et eksempel på mænd og kvinders højde i stenalderen.

Foto: Kim Callesen, Vesthimmerlands Museum, Danmark

Ertebøllekulturens teknikker

Ertebølle kulturen er kendt for en speciel slags keramik såsom spidsbundet kar og torskeleverolielamper. Kulturen var højt specialiseret indenfor fiskegrej: små fiskekroge lavet af kronhjorteknogler, fiskenet og fiskestænger. De brugte 10 meter lange udhulede både, der var lavet af lindetræstammer. De producerede kerneøkser og Skiveøkser af den lokale flint og brugte flintrester til at lave tværpile.



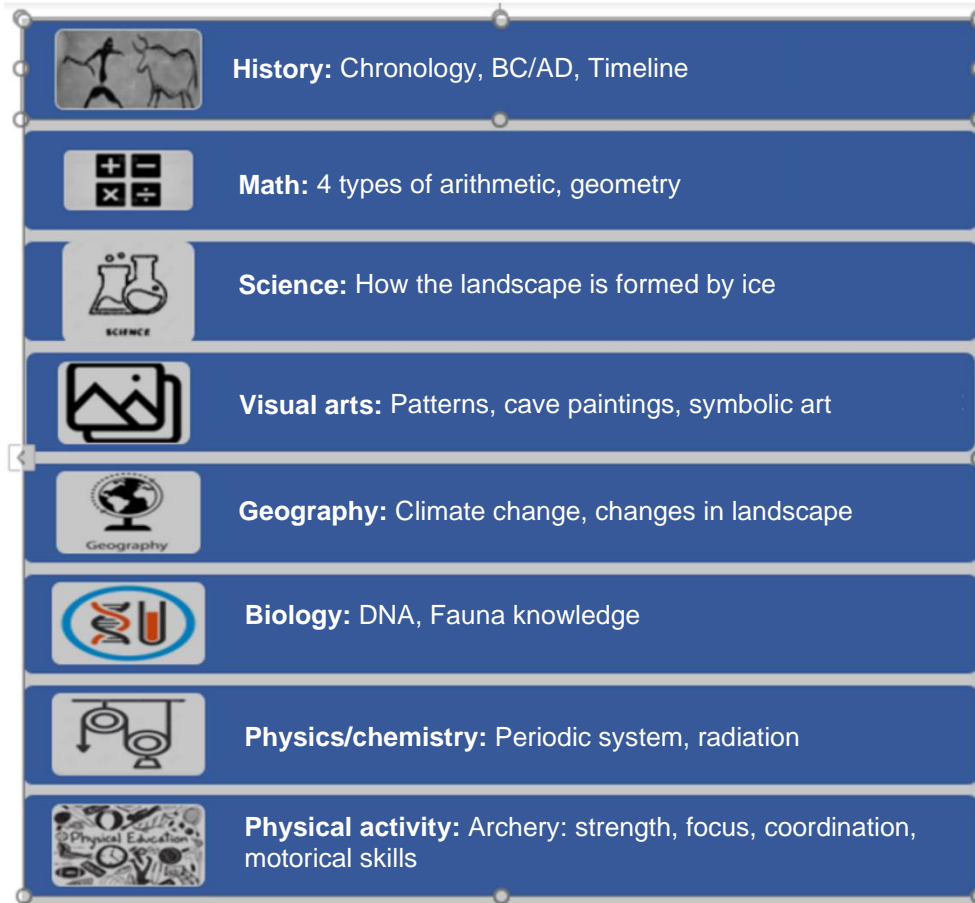
Fra venstre: flintrester, flintklods, kerneøkse, flækøkse, bor, tværpile, snor med hjertemusling, spidsbundet kar og model af udhulet stammebåd. Redskaber til flintknapping: gevir og sten. Bagerst: Åleruse lavet af pil og snor fremstillet af bast fra et lindetræ.

Foto: Kim Callesen, Vesthimmerlands Museum, Danmark

Stenalderen er en del af det danske pensum enten som en periode, der blive undervist i, som en del af en kronologisk tidslinje eller som en form for kultur. Stenalderen dækker en ganske lang periode, hvor viden omkring perioden er baseret på arkæologiske fund. Dette giver nogle meget særlige muligheder ud fra en STEAM kontekst.

Det siger sig selv, at stenalderen bliver undervist i faget historie, men perioden rummer

også mange muligheder ud fra en tværfaglig kontekst, hvilket er illustreret i den nedenstående model.



Modellen viser kun et udpluk af måder, hvorpå man kan imødekomme de forskellige fagområder, når emnet er stenalderen. Der er uden tvivl mange flere, men modellen viser periodens relevans i og med, at fagområderne overlapper, og kunsten må være at perspektivere emnet til nutiden. Eksempelvis er klimaforandring meget aktuelt og et emne, som eleverne ofte støder på.

Hvordan kommer man tæt på stenalderen?

Et nøgleord i denne sammenhæng er motivation gennem identifikation, hands-on aktiviteter og brugen af en STEAM tilgang. Stenalderens teknikker er ofte ukendte for mange elever, såvel som lærere! Det er vigtigt, hvis muligt, at have nogle genstande eller kopier, som eleverne kan se, røre ved, lugte til og afprøve. Men det er mest af alt vigtigt, at de kan identificere sig selv med emnet; de kan relatere til temaet.

Der kan være mange måder, til at begynde med, at undervise i stenalderen, men det kan være særlig gavnligt at starte med, hvad de kender bedst, dem selv, og sammenligne det med stenaldermennesket. Her er vi nødt til at læne os op ad forskningen.

Første aktivitet: Stenaldermanden – en fortællende introduktion

Hovedfagområder: Historie, videnskab og biologi.

Andre mulige områder: Fysik, visuel kunst, skriftligt materiale baseret på arkæologiske fakta.

Elevernes alder: Fra 10 til 17 år.

Efterspurgte færdigheder: Kronologi, viden om den mesolitiske periode, viden gennem videnskabelige metoder. De ser, hvordan videnskabelige metoder bliver brugt på et museum, som DNA², dateringsmetoder, kulstof 14-datering³ og andre videnskabelige teknikker.



Aktivitetens udfoldelse:

Undervisningsforløbet er et fortællende forløb, hvor eleverne lærer, hvad et skelet fra den mesolitiske periode kan fortælle, hvilket metoder, der bliver anvendt til at finde ud af, hvornår personen levede osv. samt hvad elevernes skelet kan afsløre.



Kraniet, der ses på fotografiet, kaldes Hedegaard manden. Kraniet bærer flere tegn på, at manden er blevet tildelt flere slag med et stumt objekt. Selvom han må have været hårdt såret, bør det noteres, at sårene og skaderne på kraniet helede igen. Han overlevede altså! Kraniet er også ret tykt i forhold til nutidens "moderne" kranier. Robuste knogler hørte til tiden.

² DNA-analyser åbner op for ny viden om oldtidens mennesker og omskriver vores historie. DNA bliver ofte udvundet fra tænder eller knogler, hvis muligt.

³ En teknik, der er undersøgt kulstof 14 henfald for at fastslå organisk materiales alder. Glosbe.com



Lærere og undervisere kan snakke med eleverne om følgende fakta omkring

Ertebøllefolket, som muligvis vil interessere dem:

- Den gennemsnitlige højde i stenalderen var 153-155 cm for kvinder og 166-168 cm for mænd. Prøv at sammenligne det med eleverne højde.
- Stenaldermennesket havde en større hjerne end det moderne menneske – hvorfor?
- Hvordan eller hvorfor fik Hedegaard manden⁴ sine skader?
- Ertebøllefolket var formentlig laktoseintolerante – hvordan blev vi laktosetolerante?
- De havde formentlig mørkere hud og blå øjne – hvordan blev vores hud lysere?



Det var nødvendigt at bore mange små huller i kraniet for at få lidt over et halv gram knoglemateriale. Resultaterne af en kulstof 14-datering viste, at manden levede for næsten 10.000 år siden, og at hovedparten af hans føde kom fra landdyr.

**Fotos: Kim Callesen/ Bjarne H. Nielsen
Vesthimmerlands Museum, Danmark**

Et skelet er et arkiv fyldt med information omkring en person. De følgende er nogle af de metoder, som arkæologerne bruger:

- En kulstof 14-analyse giver information om, hvornår du levede.
- Visuelle observationer kan indikere, om skelettet tilhørte en mand eller kvinde.
- Hvis et skelet er fuldkomment, er det muligt at måle, hvor høj en person var.
- De kan se, om man har haft skader såsom en brækket arm.
- Hvis der stadig er DNA tilbage, kan det fortælle noget om hudfarve, køn, øjenfarve og bestemte sygdomme.
- En kulstof 13-analyse giver information, om hvad du spiste: hvor meget hav- eller landdyr eller planteføde man har spist.
- Håndleddet afslører, om du fik nok at spise eller om du til tider sultede.

⁴ Hedegaard manden er udstillet på Vesthimmerlands Museum, Danmark.

- En strontiumisotopanalyse⁵ af dine tænder viser, hvor en person var, da det blev født samt hvor personen boede som teenager og som ældre, hvis personen var så heldig.
- Hvis der stadig er hård tilbage, kan en strontiumisotopanalyse vise, hvor personen har været. Hår gror cirka 1 cm. hver måned. Hvis håret er 30 cm. langt, kan det fortælle, hvor personen har været i den 30 måneder lange periode.

En simpel introduktion til emnet kan være at spørge eleverne: Hvilken historie kan dit skelet fortælle? Tegn eller skriv det ned. Læreren kan hænge fortællingerne op på en væg og spørge elever, om en af dem har lyst til at dele deres historie.

Anden aktivitet: At lave en snor og et smykke

Hovedfagområder: Historie, teknologi og videnskab.

Andre mulige områder: Matematik, biologi, visuelle kunstformer, samarbejde, hands-on historie.

Elevernes alder: Fra 6 til 17 år.

Efterspurgte færdigheder: Brug af historien, sning, problemløsning og samarbejde.

Børn med særlige behov: Ja, dette undervisningsforløb kan være meget passende.

Aktivitetens udfoldelse:

Eleverne lærer, hvordan man laver snor ud af plantefibre samt en perle ud af kirsebærsten eller hjertemusling, som de kan bruge til en halskæde eller et armbånd.

Aktiviteten er glimrende, da det er den første intro til stenalderens teknikker. Den er blevet testet på forskellige aldre og elever. Den er blevet testet på børn med særlige behov og fungerer fint, da det er en meget specifik opgave, der ikke er for kompliceret at lære, og man vil ende ud med et smukt resultat.

Hvad lavede børn i stenalderen? Det ved vi faktisk ikke! Men hvis vi studerer indfødte, kan

⁵ Strontiumisotopanalyse: Strontiumisotop forhold bliver i stor udstrækning brugt som sporing i geologiske processer og som indikatorer på proveniens i en arkæologisk sammenhæng. Arkæologer bruger forholdet mellem isotoper i strontium til at fastslå forfædres oprindelse og migrationsmønstre. Menneskekroppen optager isotopen Sr gennem kosten.

vi se, at børn tager del i det daglige liv og lærer håndværk.

Det er muligt, at de sad hver aften rundt om bålet og lavede snor. Snoren kan blive brugt som fiskesnøre, hvis man have brug for at binde noget eller ganske simpelt til at lave et armbånd eller en halskæde.

Snor kan laves ud af sener fra dyr, hud eller forskellige plantefibre. Til denne aktivitet bruger vi plantefibre.

Plantefibrene kan komme fra nælder, brombær, forskellige typer græs, bark fra pil eller lindetræ eller palmebast, som er billigere og nemt at finde i supermarkeder eller plantecentre.

Når du er trænet i at lave snor, er det sjovt at producere dit eget materiale, men det kræver viden omkring de forskellige planter: hvornår man kan høste, hvordan man tørrer det og hvordan man producerer snoren.

Så snart eleverne har lavet en snor ud af to strenge, er det tydeligt, hvordan man kan lave et smykke i form af et armbånd eller en halskæde. De kan lave et vedhæng ud af en musling ved at slibe den på en sten. Det er også muligt at lave en perle ud af en kirsebærsten. Det er ret simpelt: du skal gøre kirsebærstenen våd og derefter slibe begge sider, indtil kernen kommer til syne og ligner en cirkel, som du kan stikke igennem med et stykke flint eller en lille pind.

Det er en interessant oplevelse at se, hvordan elevernes opfattelse af en kirsebærsten forandres. Nu til dags er kirsebærstenen skrald, som vi smider væk. Ved at lave smukke perler går kirsebærstenen fra at være skrald til at være en værdifuld ressource!

At lave en snor kan virke som en simpel aktivitet, men det kræver viden, teknisk snilde, kreativitet og logisk tænkning for, at det kan lykkes. Det er vigtigt, at det lykkes i første omgang, hvilket den simple arbejdsgang sørger for.



Her ses armbånd med perler lavet af kirsebærsten og hjertemuslinger. Snorene er lavet af bast fra lindetræ. Bagom: Råmaterialet bliver repareret fra lindetræ barken ved en slags fermentering, der varer 7 måneder.

Foto: Kim Callesen, Vesthimmerlands Museum, Danmark



Nærbillede af perler lavet af kirsebærsten.

**Foto: Kim Callesen, Vesthimmerlands Museum,
Danmark**



Derudover er det en social aktivitet, hvor eleverne er ligestillet, da det er et nyt håndværk for dem alle, hvor det gavner dem at være i stand til at hjælpe hinanden på en naturlig måde. Eleverne oplever, at de ved noget særligt, og de har mestret et lille håndværk, hvilket styrker deres selvtillid.

Det er værd at bemærke, at elevernes syn på planter ofte ændrer sig gennem aktiviteten. Først bliver brændenælden set som værende en ubehagelig plante, ukrudt man skal fjerne. Men når man bliver klar over, hvordan nælden kan anvendes, bliver det til en plante med værdi, og en man bør passe på, fordi det pludselig bliver en værdifuld ressource. Denne erkendelse bliver større, hvis eleverne selv kommer frem til den.

Tredje aktivitet: Stenalderens mønstre

Hovedfagområder: Historie, visuelle kunstarter, matematik og videnskab.

Andre mulige områder: Teknologi og biologi.

Elevernes alder: Fra 9 til 17 år.

Efterspurgte færdigheder: Kronologi, oldtidens kunst, pigmenter og hvordan man farvelægger, symboler og geometri.

Aktivitetens udfoldelse:

Eleverne vil lære om vores kulturs første grafiske udtryk, hvilket ofte bestod af geometriske mønstre, dyr og symbolske udtryk. Eleverne må lære at producere farvepigment, mikse farven og lave deres eget kunstneriske stenalderudtryk.

Samtidig er der forskellige slags mønstre, der kan dannes ud fra linjer og geometriske former: diamanter, cirkler og trapez mønstre er dem, vi kender.



Her vises et eksperiment, hvor farve blev lavet ved at blande forskellige typer sand med vegetabilsk olie eller æg.

Foto: Kim Callesen, Vesthimmerlands Museum, Danmark

Her ses et avanceret mønster lavet af tjære på en kopi af en pagaj fra Ertebøllekulturen.

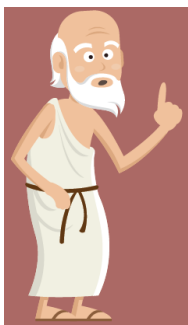
Eksperimenter viser, at mønsteret ikke blev malet på, men derimod trykt i træets årer via en kompliceret proces, hvilken næsten er magisk.

Foto: Kim Callesen, Vesthimmerlands Museum, Danmark



Kul, okker, tørret ler, kridt eller brændte jordtyper kan knuses med sten og mikses med vand, vegetabilsk olie eller æg. Farven kan påføres med fingrene, fjer, træsplinter, blomsterstilke eller rørformede knogler.

Andet eksempel: Matematik og det antikke Grækenland



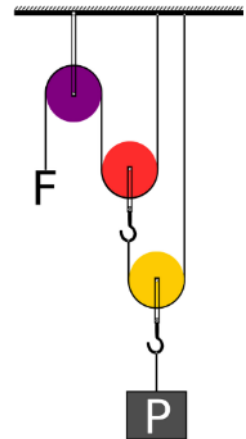
I mange af oldtidens civilisationer blev det ukendte, såsom jordskælv, vulkanudbrud eller naturkatastrofer, forklaret gennem religion. Grækerne var en af de første civilisationer, der brugte logik, fornuft og videnskab til at forstå, hvorfor bestemte hændelser omkring dem fandt sted. Antikkens græske videnskabsmænd er blevet tillagt mange opfindelser og opdagelser, særligt indenfor områderne astronomi, geografi og matematik.

Grækerne udviklede filosofi for at have en måde at forstå verden omkring dem på, uden at ty til religion, myter eller magi. De tidligste græske filosoffer, hvoraf nogle af dem var

påvirket af babylonierne og egypterne, var også videnskabsmænd, som observerede og studerede den kendte verden, jorden, havet og bjergene så vel som solsystemet, planeternes bevægelser og astrale fænomener.

Astronomi, der begyndte med organiseringen af stjerner ind i konstellationer, blev anvendt til praktiske formål såsom at fikse kalenderen. Grækerne:

- Estimerede jordens størrelse.
- Regnede ud, hvordan et remhjul og en løftestang fungerer.
- Studerede, hvordan lys brydes og reflekteres såvel som lyd.



Indenfor medicin. Grækerne:

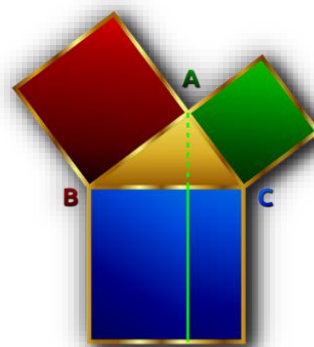
- Undersøgte, hvordan organerne fungerer.
- Studerede sygdommes forløb.
- Lærte at udlede konklusioner fra observationer.

Deres bidrag indenfor matematikken verden vedrører ikke kun praktiske formål. Mange af antikkens græske opdagelser og opfindelser bliver stadig anvendt i dag, selvom nogle af deres ideer er blevet modbevist.

Velkendte græske videnskabsmænd i antikken:

- **Pythagoras af Samos (6. århundrede f.v.t.)**

Pythagoras indså, at land og hav ikke er statisk. Hvor der nu er land, var der engang hav og omvendt. Indenfor musikken spændte han strenge for at producere specifikke toner i oktaver. Indenfor astronomi troede Pythagoras muligvis, at universet dagligt roterede omkring en akse, der svarede til jordens akse. Han er mest kendt for hans læresætning.



$$a^2 + b^2 = c^2$$

Pythagoras' læresætning.

- **Hippokrates af Kos (ca. 460-377 f.v.t.)**

Hippokrates studerede menneskekroppen og opdagede, at der er videnskabelige årsager

bag sygdomme.

- **Aristoteles (af Stageira) (384–322 f.v.t.)**

Aristoteles konkluderede, at jorden måtte være en globe. Konceptet omkring jordens sfære er i Platons Phaidon, men Aristoteles uddybede og estimerede dens størrelse.

- **Thales af Milet (ca. 620 - ca. 546 f.v.t.)**

Thales var en geometer, militæringeniør, astronom og logiker. Han opfandt abstrakt geometri, herunder forestillingen om, at en cirkel er halveret af dens diameter, og at grundvinklerne på ligebenede trekanter er ens.

- **Arkimedes af Syrakus (ca. 287-ca. 212 f.v.t.)**

Arkimedes opdagede, at nytten bag støttepunktet og en løftestang. Han begyndte at måle objekters specifikke tyngdepunkt. Han krediteres for at have opfundet, hvad der kaldes en arkimedesskrue, der bruges til at pumpe vand op samt en motor, der kan kaste tunge sten mod fjenden.

- **Euklid af Alexandria (ca. 325-265 f.v.t.)**

Euklid troede, at lys bevæger sig i lige linjer eller stråler. Han skrev en lærebog om algebra, talteori og geometri, som i dag stadig er relevant.

- **Eratosthenes af Kyrene (ca. 276-194 f.v.t.)**

Eratosthenes lavede et kort over verden, beskrev lande i Europa, Asien og Libyen, skabte den første breddegrad og målte jordens omkreds.

Aktiviteter baseret på Arkimedes' løsning

Arkimedes blev bedt af kong Hiero af Syrakus om at finde ud af, om guldkransen, Hieros guldsmed havde lavet, virkelig var ægte guld og ikke blandet med en slags legering. Kongen mistænkte sin guldsmed for at snyde med noget af guldet. Hvis kransen var ægte guld, ville den have en bestemt massefylde. Hvis den var lavet af et blandingsprodukt, ville massefylden være anderledes. Men for at bedømme kransens massefylde, måtte dens rumfang fastslås. Dette var problemet, som Arkimedes stod overfor.

Historien forlyder, at Arkimedes besluttede sig for at tage et varmt bad for at hjælpe hans sind med at slappe af og finde en løsning på dette problem. Da han lagde mærke til, at vandet steg, da han gik i badekarret, blev Arkimedes pludselig klar over løsningen. Arkimedes blev så begejstret, at han hoppede ud af karret og løb ned ad gaden og råbte

"**Eureka! Eureka!**", hvilket betyder "Jeg har fundet det!". Uheldigvis havde han i sin begejstring glemt at tage sit tøj på igen og løb nøgen ud på gaden! 😊

Løsningen på problemet var, at han placerede kransen i en beholder med vand og målte dens forskydning. Dette kunne gøres ved at fylde beholderen op til kanten, placere kransen i vanden og derefter måle vandet, der flød over.

Ved at måle vandets rumfang og kransens masse var Arkimedes i stand til at fastslå dens massefylde. Desværre for guldsmeden viste kransens massefylde, at den ikke var af ægte guld. Han stjal fra kongen og blev sandsynligvis straffet for sin gerning.

Første aktivitet: Måling af et solidt objekts rumfang

Hovedfagområde: Fysik

Andre mulige områder: matematik, historie og kulturarv.

Elevernes alder: Fra 10 til 17 år.

Efterspurgte færdigheder: At lave beregninger, at bruge mål og at bruge naturvidenskabens redskaber.

Aktivitetens udfoldelse:

Aktivitetens formål er at få eleverne til at forstå, hvordan man måler et ulige objekts rumfang. Lærere sørger for et solidt objekt og et måleglas med væske. Væskens niveau (dvs. rumfang) noteres. Derefter lægges det solide objekt i væsken og væskens niveau noteres igen. Objektets rumfang vil være lig med forskellen mellem den sidste og den første niveaumåling. Eleverne skal gentage procedure fem gange og finde det gennemsnitlige rumfang. I vores eksempel steg rumfanget fra 400 ml. til 420 ml. Dermed må det solide objekts rumfang være $420 \text{ ml.} - 400 \text{ ml.} = 20 \text{ ml.}$ eller 0,2 lt. (1 lt. = 1000 ml.).



(a) Måleglas med væske.



(b) Måleglas med væske og det solide objekt.

Anden aktivitet: Måling af et objekts renhed



Hovedfagområder: Fysik

Andre mulige områder: Matematik, historie og kulturarv.

Elevernes alder: Fra 10 til 17 år.

Efterspurgte færdigheder: At lave beregninger, at bruge formler, at bruge målinger og at bruge naturvidenskabens redskaber.

Aktivitetens udfoldelse:

I denne aktivitet gentager eleverne Arkimedes' eksperimentet. Eleverne måler et solidt objekts renhed og massefylden på solide objekter, som vi kender massefylden på.

Massefylde udtrykkes almindeligvis i gram per kubikcentimeter. For eksempel er vands massefylde 1 gram (1g./ml). Massefylden på is er cirka 0,92 g./ml.

Så hvorfor flyder is i vand? En substans flyder, hvis den er mindre tæt eller har mindre masse per volumeenhed, end de andre komponenter i blandingen. Så det er derfor is flyder ovenpå vand. Det er cirka 9 % lettere end flydende vand. Med andre ord fylder is 9 % mindre end vand, hvormed en liter is vejer mindre end en liter vand.

Med en vægt kan vi måle et objekts masse (vægt) (m i gram). Ved at gentage det forrige eksempel kan vi måle det solide objekts rumfang (V i ml.).



(a) Digital vægt.



(b) Måleglas med væske.

Resultatet af eksperimentet er udregningen af et objekts renhed.

Aktiviteter baseret på Xenagoras og Thales

Målingen af strukturers, endda bjergtoppes, højde var i antikken baseret på Thales læresætninger om lige trekanter. To trekanter er ens, når alle deres respektive vinkler er lige. Ifølge Thales' læresætning vil lige trekanter have korresponderende sider.

Xenagoras' (2. århundrede f.v.t.) første videnskabelige studie var baseret på Thales' læresætninger. Han udregnede højden på bjerget Flambouros, der er en del af en bjergkæde, som ligger vest for bjerget Olympen. Xenagoras brugte en slags "dioptri" til at måle højdeforskellen på denne bjergtop og punktet, hvor han stod, et antikt tempel for Apollo. Derfra, ved et tempel ved foden af Olympen, beregnede han højden på bjergtoppen til at være 2479 m. Målt med moderne redskaber er den præcise højde 2473 m. Så forskellen var kun på 6 m. Eksperimentet blev gemt for eftertiden, da det er i Plutarchs tekster.

Tredje aktivitet: Måling af en bygnings højde

Hovedfagområder: Matematik og geometri.

Andre mulige områder: Historie og kulturarv.

Elevernes alder: Fra 10 til 17 år.

Efterspurgte færdigheder: At lave udregninger, at bruge målinger og at bruge





naturvidenskabens redskaber.

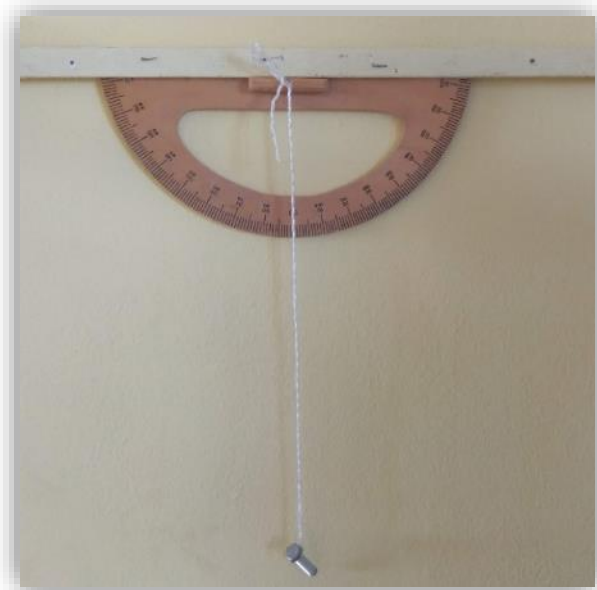
Aktivitetens udfoldelse:

Men hvordan bruger vi disse informationer til at måle højden på en skolebygning, uden eksempelvis at klatre til det højre punkt? Ved at bruge en improviseret sekstant. Det er i bund og grund en vinkelmåler, der blev anvendt i antikken til at måle vinklen fra et punkt, hvor observatøren står.

For at skabe sekstanten skal vi bruge en lige pind, en almindelig vinkelmåler, en snor og et objekt, der kan bindes på snorens ende, som vist på billedet.

Med det improviserede objekt vil observatøren Π sigte mod bygningens top K , og med denne konstruktion vil vi finde vinklen φ , som vi vil se under toppen af bygningen.

Elever bør sigte mod punktet K fra et punkt Π , og vinklen θ (formet af fiskesnøren og træet) er for eksempel 60° . Da vil vinklen φ være under 30° , eftersom vinklen, der blev dannet af fiskesnøren og horisonten, vil være en ret vinkel, dvs. 90° .



Tredje eksempel: Teknologiske opfindelser og det romerske imperium

Den romerske civilisation opstod omkring 700 år f.v.t., da beboere i små landbrugsbyer og landsbyer omkring floden Tiberen begyndte at slutte sig sammen. Dette var et mødested for forskellige etniske grupper, der var påvirket af etruskerne, fønikerne og grækerne. Civilisationen, der opstod på denne lokation, endte med at regere over hele middelhavsområdet, Storbritannien, store del af Europa og Mellemøsten. Civilisationen var indtil det 6. århundrede f.v.t. et monarki, der blev efterfulgt af en republik, der blev til

et imperium omkring år 27 f.v.t.

I det 4. århundrede e.v.t. blev imperiet delt i en vestlig og østlig halvdel. Den vestlige del kollapsede i år 476 med Odoakers styre. Det østlige imperium formåede derimod at bestå yderligere 1000 år, da det kollapsede i år 1453, efter ottomanerne erobrede Konstantinopel. I nutidens Europa er det muligt at finde mere end 600 steder, hvor rester af den romerske civilisation (såsom byer, veje, grænseposter osv.) kan ses.

I det slovenske uddannelsessystem lærer elever om den romerske civilisation i 7. klasse (12 år). Det bliver præsenteret som et selvstændigt emne og som en del af antikken. Elever lærer om civilisationens historie, livet i perioden, æraens fremskridt, den indflydelse romerne havde på det slovenske territorium samt den romerske civilisations indflydelse på efterfølgende perioder. I det britiske uddannelsessystems pensum lærer elever om den romerske civilisation mellem årene 7 og 11. De fleste af emnerne er forbundet med civilisationens indflydelse på britisk jord.

Romerne formåede at skabe opfindelser, der stadig bruges i dag. Fundamentale opfindelser, såsom udviklingen af romerske talord, muliggjorde lettere beregninger, hvorimod den julianske kalender tillod et højere organiseringsniveau. Ydermere øgede opfindelsen af aviser, postvæsen og indbundne bøger strømmen af informationer. De bedst kendte tekniske fremskridt fra den romerske periode er opfindelsen af buegangen, hvilket tillod konstruktionen af komplekse byggerier (såsom akvædukter, Colosseum osv.), opfindelsen af sanitetsteknik, konstruktion af veje, brug af beton og meget mere. Fra et militært perspektiv var to af de vigtigste fremskridt brugen af **corvus** (gangplank med gribekroge for enden, der blev brugt i søkrigsførelse) og **testudo** (en skildpadde tilgang, der tillod bedre beskyttelse mod projektiler for kampgrupper).

I nutidens klasseværelser lærer elever hovedsageligt om romerske fremskridt i historietimerne. Det eneste andet møde med romerske fremskridt i STEAM fag er, når elever lærer om romerske talord som en del af det matematiske pensum.

Eftersom romerne har mange opfindelser, som kan bruges og præsenteres i et klasselokale, er nogle eksempler på STEAM aktiviteter, som kan udføres i skolen eller på et museum, blevet forberedt.

Første aktivitet: Introduktion til romerske talord

Hovedfagområder: Aritmetik og algebra.

Andre mulige områder: Historie.

Elevernes alder: Fra 6 til 10 år.

Efterspurgte færdigheder: At kende til de grundlæggende talord og nogle historiske datoer.

Aktivitetens udfoldelse:

Eleverne bør først blive introduceret til det romerske koncept med talord. De bør prøve at komme i tanke om vigtige historiske datoer og derefter prøve at skrive dem med romerske talord. Senere bør hver elev i hemmelighed blive tildelt en enkelt historisk dato. De bør skrive det på tavlen med romerske talord. Andre elever skal derefter prøve at gætte, hvilken begivenhed datoen repræsenterer.

For at gøre hele processen en anelse mere engagerende og aktiverende kan eleverne i stedet for en tavle bruge pinde, tandstikker, kuglepenne, hvilket de kan konstruere det ønskede tal med på en flad overflade.



Romerske talord lavet med ispinde.

Foto: GoINNO, 2021

Anden aktivitet: Konstruktion af en romersk vej

Hovedfagområder: Mekanik.

Andre mulige områder: Historie.

Elevernes alder: Fra 7 til 11 år.

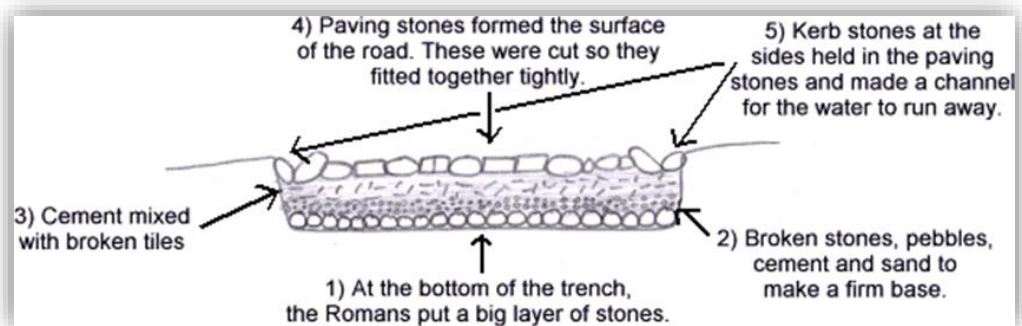
Efterspurgte færdigheder: Forstå betydning af infrastruktur (veje) og simple statiske principper.

Aktivitetens udfoldelse:

Eleverne bør først blive introduceret til det romerske imperiums vejes historie, rolle og vigtighed. Senere bør de blive introduceret til simple tegninger af romerske veje. Derefter kan de med følgende materialer konstruere en mindre model af en romersk vej:

- Skoæske
- Universallim
- Sand
- Flade småsten: Små sten på cirka 2 x 2 cm og lidt større sten på 6 x 2 cm.
- Gips

Først skal de tilføje limen til bunden af skoæsken, dække den med sand og ryste det overskydende af. Dette lag repræsenterer jorden. Efterfølgende skal eleven lægge endnu et lag lim og beklæde sandlaget med de mindste sten og derefter dække det med endnu et lag sand og småsten. Eleven skal blande gipsen og lægge et tykt lag gips, hvorpå de lægger de større flade sten, så tæt som muligt, og forsøge på at undgå mellemrum.



Billede af en romersk vej (Warner, n.d.).



Model af en romersk vej bygget med lim, gips, sand og småsten.

Foto: Weird, unfocalized homeschoolers, 2021

Tredje aktivitet: Lav din egen romerske olielampe

Hovedfagområder: Kemi

Andre mulige områder: Boligøkonomi

Elevernes alder: Fra 7 til 8 år.

Efterspurgte færdigheder: Forståelse for de romerske innovationers betydning og dets effekt på vores daglige liv.

Aktivitetens udfoldelse:

Elever kan bruge ler, et stykke stof eller en anden slags materiale, der kan bruges som væge, og madlavningsolie eller andre typer flydende fedtstof, som brændstof til en olielampe. I første omgang laver de en lille kande. De skal strække og slå den ene af siderne, så en lille smule olie kan fylde den lille afsats på kandens yderside, og vægen kan nå kandens inderside. Kanden kan dekoreres og derefter sættes til tørre (eller bages, hvis ler typen kræver det). Kanden fyldes med brændstof, en væge sættes ind i rillen, og enden tændes. Processen kan optimeres ved brug af en tykkere væge, andre kandedesign og forskellige typer brændstof.

Brug af lampen bør ske under opsyn af en voksen.

Eksempel på en romersk olielampe.

Foto: Albi, 2019



Fjerde aktivitet: Lav din egen akvædukt

Hovedfagområder: Fysik.

Andre mulige områder: Historie og mekanik.

Elevernes alder: Fra 7 til 8 år.

Efterspurgte færdigheder: En grundlæggende forståelse for vigtigheden af



vandforsyning, offentlig infrastruktur og vand for vores organismes skyld og daglige liv.

Aktivitetens udfoldelse:

Elever bør først blive introduceret til konceptet bag akvædukter. De bør diskutere dets funktion, konstruktion og de udfordringer, som de første ingeniører stod overfor, da de byggede dem (debat om væskedynamik). Elever bør forsynes med følgende materialer:



Eleverne skal bruge plastikfolien til at dække papstykket, hvilket senere bruges til at skabe vandkanalen. Eleverne gives frie tøjler i designet af akvæduktens struktur og opfordres til at bruges buegange samt komplekse strukturer, og senere skal de diskutere vandforsynings betydning for nutidens samfund.



Eksempel på en færdigsamlet akvædukt.

Foto: The Kid Should See This, n.d.

Fjerde eksempel: Konstruktion, opmåling og katedralernes tidsalder.

Middelalderen er en historisk periode, der cirka strakte sig fra år 500 til 1500 e.v.t., mellem antikken og moderne tid. For størstedelen af de europæiske lande begyndte middelalderen faktisk efter Romerrigets fald og endte med opdagelsen af den nye verden. Hvert europæisk land blev påvirket på forskellige tidspunkter gennem denne periode. Mellem det 5. og det 15. århundrede var middelalderlig arkitektur karakteriseret ved konstruktionen af større militære og civile værker.

I løbet af denne periode blev samfund bygget og organiseret omkring forskellige religioner, hovedsageligt kristen (protestant, ortodoks, katolik, jøde osv.), men også omkring den muslimske religion, særligt i Spanien.

I Vesteuropa var samfundet hovedsageligt kristent og var organiseret af den katolske kirke, hvorimod den ortodokse kirke vedledte befolkningen i Østeuropa efter det store skisma i 1054 e.v.t. Efter den karolingiske kunst udviklede den romanske og derefter den gotiske kunst sig, og Europa blev dækket med monumenter, der bevidnede befolkningernes tro. Mange katedraler blev opført, såsom katedralen Notre Dame i Paris.



Ophav: Wikipedia Common



Det er fra mødet med nye krav og en ny metodik, at de blomstrende nye byer i senmiddelalderen blev født. Flere krav dukkede op:

- Demografi: stigning i befolkningstallet.
- Økonomi og kommerciel: stigning i kommercielle udvekslinger.

- International politik: at oprette en kongemagt og at tillade organisering af samfundet, men også at sørge for befolkningens sikkerhed.

Middelalderens videnskaber, der var baseret på undervisning og skrivning, udvidede antikkens videnskaber. Kontinuiteten kan ses i de teknikker, der var baseret på praksis og manuelt arbejde. Perioden så vigtige teknologiske fremskridt, inklusiv brugen af krudt og astrolabiet, opfindelsen af teleskopet, den betydelige forbedring af vandmøller, konstruktionsteknik, landbrug, ure og både osv.



Ophav: Wikipedia Common



I STEAM faget matematik lærer elever i alderen 12-15 år om rummet og geometri.

I historietimerne lærer franske elever at studere denne historiske periode omkring alderen 12-13 år. Det er inkluderet i temaet: Samfund, kirken og politisk magt i det feudale vest (11.-15. århundrede).

I STEAM disciplinerne kan vi forbinde det med læren om matematik (rummet og geometri) for de 12-15-årige elever.

Første aktivitet: Workshop i at lave snore til opmåling

Hovedfagområder: Geometri og arkitektur.

Andre mulige områder: Historie og kulturarv.

Elevernes alder: Fra 10 til 15 år.

Efterspurgte færdigheder: At bruge redskaber til matematiske målinger samt viden om grundlæggende geometriske former.



Aktivitetens udfoldelse:

Guédelon, i centrum af Frankrig, er en videnskabelig, historisk, lærerig og menneskeskabt turistattraktion. Målet er at genskabe, på det oprindelige sted, konstruktionsprocesser og organiseringen af en byggeplads fra første tredjedel af det 13. århundrede.

Fra sæson til sæson tager arbejderne ved Guédelon denne utrolige udfordring på sig. Fra den befæstede indhegning til beboelsesområdet og dets konstruktioner, ikke at forglemme alle slottes værelser, alt bliver bygget ved brug af de teknikker, materialer og redskaber, der var tilgængelige på det tidspunkt, slottet blev opført. Denne proces prøver man at genskabe for øjnene af tusindvis af gæster, der besøgte dette unikke sted.

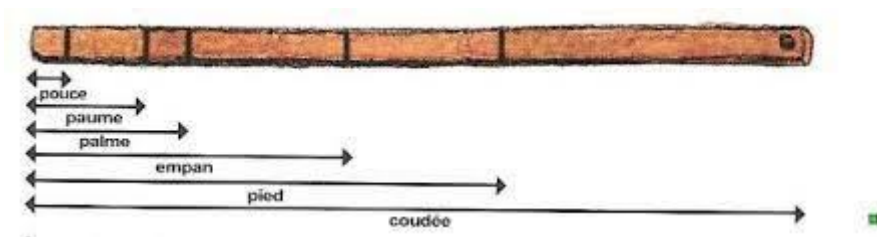


Kilde: Guédelon slot (Treigny, France) d. 19. august 2019 af Benoit Prieur,

Et hæfte, der omhandler måling i middelalderen, tilbydes som en del af en workshop for børn. Det tilbyder en simpel og legende tilgang til geometri, der øger bevidstheden om det pragmatiske aspekt ved tegning og afbildning, mens det taler for børns aktive deltagelse.

Fermat Science foreslår også en workshop af denne type, hvor man kan designe sin egen papirlineal med dets egne dimensioner og en stor med 13 knuder.

Fermat Science workshoppen hedder "Medieval Measurement workshop" (Middelalderlig Måling workshop). Efter en kort introduktion omhandler den første del af workshoppen måling i middelalderen. Eleverne skal ud fra deres egne dimensioner designe en papirlineal ("pige").

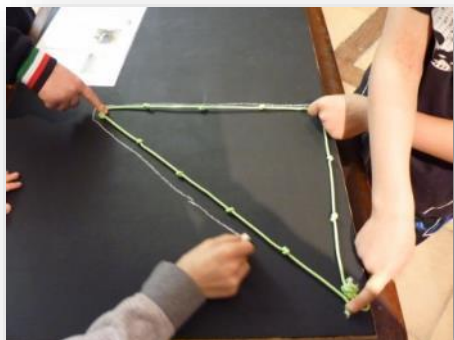


Efterfølgende skal eleverne diskutere de forskellige linealer ("piges"), der blev designet: er de identiske? Det er de faktisk ikke, fordi værdierne varierede fra elev til elev; opmålingerne ændrede sig. Det samme var gældende i middelalderen, hvor målene varierede fra bygmester til bygmester, fra region til region samt fra periode til periode, og hver arbejder overførte bygmesterens målinger til sin egen lineal.

Eleverne kan nu designe en almindelig paplineal, hvor hver overfører de samme målinger (som læreren eksempelvis).

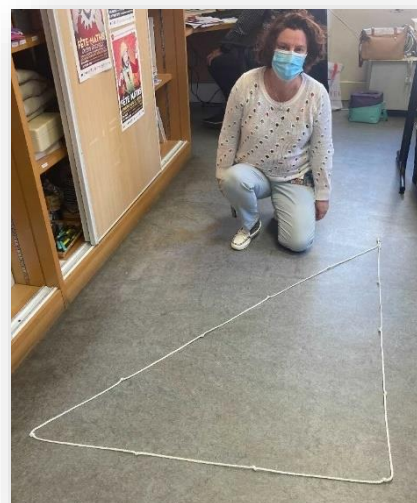
Andel del vedrører målinger med et reb med 13 knuder.

Læreren demonstrerer brugen af et stort reb med 13 knuder.



Præsentation af et reb med 13 knuder.

Foto: Fermat Science



Læreren giver derefter elever, der er opdelt i grupper på tre eller fire, et forberedt reb. Eleverne tester og undersøger det for at konstruere geometriske former med rebet.

Eleverne konstruerer geometriske figurer med de tiltænkte redskaber på et stort stykke papir, der er rullet ud på gulvet, eller på en tavle, der ligger på gulvet.

Anden aktivitet: Katedralernes bygmestre.

Hovedfagområder: Historie, arkitektur og kulturarv.

Andre mulige områder: Matematik.

Elevernes alder: Fra 10 til 15 år.

Efterspurgte færdigheder: At bruge redskaber til matematiske målinger samt viden om grundlæggende geometriske former.

Aktivitetens udfoldelse:

Denne aktivitet er baseret på Pierre Bellenguez's arbejde med katedraler. Pierre Bellenguez er passioneret omkring middelalderens arkitektur og bor i Frankrig, hvor han driver et computerudviklingsbureau. Som selvstændig forsker har han i flere år set med nye øjne på katedralernes hemmelige arkitektur og gotiske geometri. Dette arbejde, hvilket bygger på mange års forskning og to ture rundt i Frankrig, er lige blevet udgivet i form af bogen *Les cathédrales retracées*.

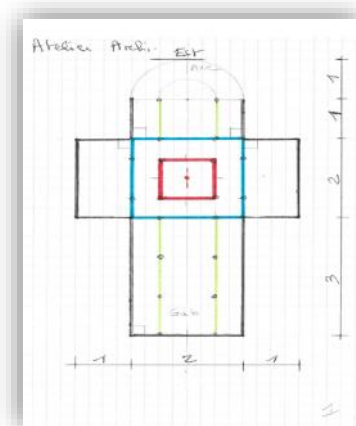
Målet med denne aktivitet er at tegne en plan over en katedral ved hjælp af middelalderlige redskaber. Først skal eleverne håndtere og undersøge et reb med 13 knuder: hvor mange og hvor mange mellemrum for 13 knuder?

Læreren beder dem om at lave en firkant, et rektangel, en ligebenet trekant osv.

Derefter skal de tegne en katedral: marker katedralens akse, tegn en plantegning osv.

Det sidste trin er konstruktionen: på baggrund af plantegningen, der blev tegnet i trin to, skal eleverne nu bygge

en "katedral" frit ud af KAPLA® træ planker. Den første målsætning er at opnå en sammenhængende højde med hensyn til konstruktion og soliditet (søg efter et effektivt konstruktivt system med KAPLA®). Den anden målsætning er at opnå en harmonisk og original helhed på et æstetisk niveau.



Tredje aktivitet: Vinduer med farvet glas og rosettevinduer



Hovedfagområder: Historie og geometri.

Andre mulige områder: Matematik.

Elevernes alder: Fra 7 til 18 år.

Efterspurgte færdigheder: Viden om og udformning af geometrisk former. At udføre instruktioner.

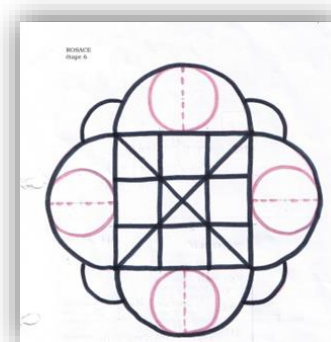
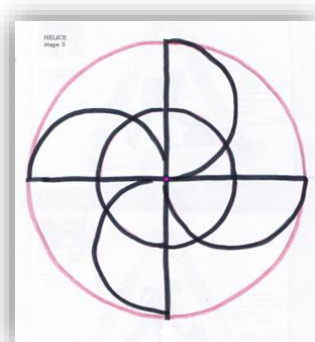
Aktivitetens udfoldelse:

Et glasmaleri er et vinduespanel lavet af glasstykker, typisk farvede, der er sammensat til at danne en dekoration. De er typisk at finde i kirker, katedraler, på kirkegårde osv.

Eleverne kan bruge redskaberne fra de forrige aktiviteter til at tegne nogle mønstre: et reb med 13 knuder og en lineal ("pige").

Fermat Science foreslår denne aktivitet: Eleverne skal vælge en figur og lave den ud fra et konstruktionsdiagram.

Derefter skal de lægge deres tegning under et stykke plastik og bruge en sølvmarkør til at optegne alle linjerne. Til sidst skal de farvelægge hver del af tegningen på plastikfolien med farvetuscher.



Femte eksempel : Renæssancens kunst, videnskab og teknik.

Renæssancen er en periode i den vestlige verden, der strakte sig fra slutningen af middelalderen til moderne tids begyndelse, og forbindes med genopdagelsen af antikkens litteratur, filosofi og videnskab.

Den kunstneriske renæssance begyndte i Italien i det 14. århundrede og spredte sig til resten af Europa, især til de regioner, der angik handel, samt takket være mæcener, der finansierede kunstnere såsom Leonardo da Vinci.

Stilene og teknikkerne varierede meget fra land til land, men der er visse ligheder: en søgen efter realisme, brugen af perspektiv samt brugen af lys og nye teknikker.

Videnskaben og matematikken har særligt haft en plads i den kunstneriske evolution.

Blanding, som kunstnerne har lavet mellem kunst og videnskab for at skabe realisme og imitere naturen, muliggør innovative tilgange og fremskridt. Malere og arkitekter udviklede metoder for repræsentation gennem perspektiv. Leonardo da Vincis malerier er skabt ud fra viden om dissektionspraksis og anatomi. Johannes Kepler etablerede et link mellem konsonans og bygbare polygoner med en lineal og et kompas. Matematikeren Jacques Peletier du Mans opfandt videnskabelig poesi osv.

L'amour des Amours, bogen som indvarslede genren "videnskabelig poesi" i Frankrig.



Renæssancens videnskaber og teknikker indebærer også opdagelser af betydelig størrelse indenfor historien om social, kulturel og teknologisk udvikling i middelalderens Europa. Denne periode tillod Europa at påbegynde maritime ekspeditioner i verdensklasse, bedre kendt som de store opdagelsers tid.

Astronomi blev direkte muliggjort af matematikere fra det 15. århundrede, og feltet blev uafhængigt fra astrologi. Ved at løse tredjegrads ligninger kunne Johannes Kepler udregne jordens stigning på månen. De astronomiske opdagelser, der blev gjort af Nicolaus Kopernikus, Tycho Brahe og frem for alt, Galileo, som opfandt teleskopet i slutningen af det 16. århundrede og udformede det første kort over stjernerne i solsystemet, havde den største indflydelse på moderne videnskab.

Videnskab som en vidensdisciplin erhvervede således selvstændighed og dets første store teoretiske systemer. Denne periode er rig på beskrivelser, opfindelser, anvendelser og repræsentationer af verden.

Franske elever bliver undervist i denne periode i historiefaget omkring 12-13-årsalderen. Det er inkluderet i temaet: Transformationer i Europa og åbenbaringen af verdenen i det 16. og 17. århundrede.

I STEAM disciplinerne kan vi koble det på matematikundervisningen for 12-15-årige elever.

Første aktivitet: Renæssancens kunst og geometri

Hovedfagområder: Kunst og matematik.

Andre mulige områder: Geometri og historie.

Elevernes alder: Fra 13 til 15 år.

Efterspurgte færdigheder: Forståelse for rummet.



Aktivitetens udfoldelse:

Matematik og kunst lader til at tilhøre to meget forskellige måder at tænke på, henholdsvis logik og kreativitet. Hvor kunst bruges til at udtrykke følelser, bruges matematik til at udtrykke fakta og tanker, hvormed man skulle tro, at de to fag ikke kan forbindes overhovedet. Alligevel har mange kunstnere valgt at inddrage matematik i deres værker. Det fremskridt, at geometrisk viden kunne frembringe kunstneriske kreationer, gjorde det til et uvurderligt teoretisk redskab i de visuelle kunstarter. Mange af renæssancens kunstnere studerede perspektivet, polyeder og andre matematiske koncepter for at opnå en mere realistisk repræsentation af verden.

I denne øvelse bliver renæssancens kunst, dens indflydelse og matematikkens anvendelighed i kunstneriske og arkitektoniske værker fremhævet. Værker af udvalgte kendte kunstnere og arkitekter, der ændrede deres perspektiv og dimensioner i løbet af renæssancen, vil blive diskuteret. Det primære mål er at opdage de matematiske koncepter, der gemmer sig i renæssancens kunst ved brug af perspektivteknikker og det gyldne snit. Eleverne vil udforske begge områder, tegne kunsten samt se på foreslåede malerier, bøger eller videoer. De vil lære det grundlæggende i de nævnte matematiske koncepter.

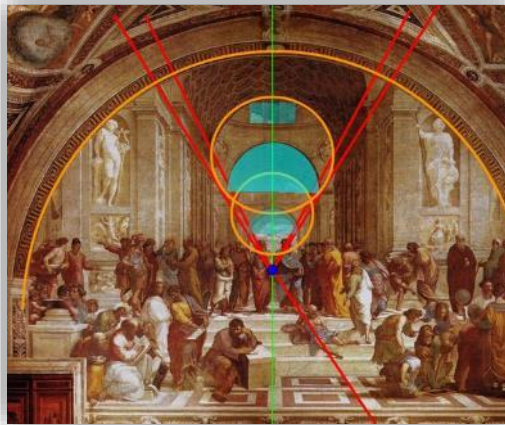
Studerede værker:

- Maleriet *Skolen i Athen*

Denne monumentale fresko blev malet af Rafael til pavens palads i Vatikanet i det tidlige 16. århundrede. Det afbilleder tænkere og lærde fra den græske og romerske

oldtid, hvis tekster blev genoplivet i løbet af renæssancen.

En geometrisk tydning af maleriets organisering foreslås ved brug af cirkler med forskellige diametre. Eleverne genskaber de geometriske spor.



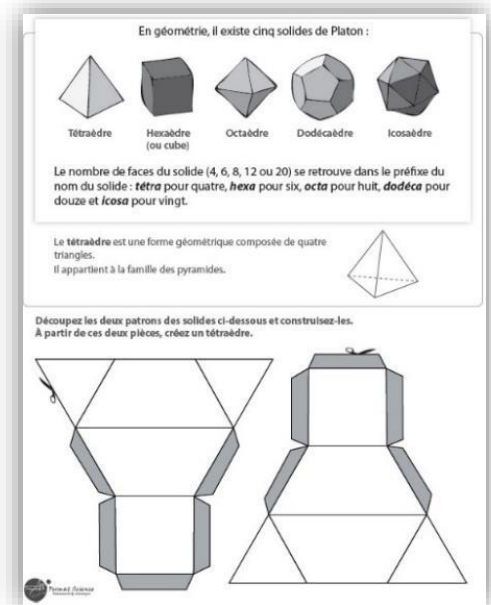
De *Lignes de fuite*, dvs. lige linjer, der er i retning af malerens blik, udvides, indtil de mødes ved maleriets *point de fuite*, hvormed reglerne i det centrale perspektiv følges (alle parallelle linjer i et maleri vil pege mod ét punkt). *Point de fuite* er i dette tilfælde mellem de to filosoffer Platon og Aristoteles, de to mænd i midten, hvormed beskuerens blik rettes i disse to karakterers retning.

- Bogen *De divina proportione* af Luca Pacioli, munk og matematiker.



Den første del vedrører det gyldne snit og er illustreret med Leonardo da Vincis perspektivrepræsentationer. 60 polyedre er synlige!

Efter at have set princippet bag det gyldne snit kan eleverne opdage et polyeder og lære om dets karakteristik. Et andet forslag er et hjernevrider spil baseret på platoniske legemer.



Efter aktiviteten vil eleven være i stand til:

- At forstå den logiske proces bag kunstneres brug af lineær- og luftperspektiv.
- At forstå, hvordan det gyldne snit blev brugt i renæssancens kunst.
- At genkende et platonisk legeme og vide, hvad der karakteriserer et polyeder.

Et ERASMUS+ projekt, der anbefaler redskaber til dette emne, er tilgængeligt her:

<https://artofmaths.eu/>

Et andet pædagogisk redskab til dette tema er udstillingen **La perspective à la Renaissance** (Perspektivet i renæssancen), der kan findes online ved Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques de Limoges (i Frankrig).

Tre paneler (mulige at downloade som A4 billeder) er knyttet til emnet om perspektiv i renæssancen :

- Historien bag perspektivet.
- Det centrale perspektiv.
- Nogle af renæssancens værker genskabt af Reg ALCORN.

Udstillingen kan downloades her: <http://www.irem.unilim.fr/les-maths-vues-par-un-artiste/convergences/renaissance/>

Anden aktivitet: Leonardo da Vinci

Hovedfagområder: Historie, arkitektur og kulturarv.

Andre mulige områder: Matematik og fysik.

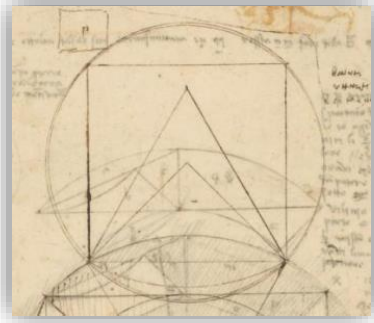
Elevernes alder: Fra 10 til 15 år.

Efterspurgte færdigheder: At bruge redskaber til matematiske opmålinger samt viden om de grundlæggende geometriske former.

A. Workshop: Geometri i Leonardo da Vincis notesbøger.

IREM gruppen i Limoges var interesseret i at lave undervisningsmateriale til elever på 10 år og over på baggrund af "geometrien i Leonardo da Vincis notesbøger", der kunne vedrøre konstruktionen af figurer og teksten bag konstruktionsprogrammer.

Elever opdager med stor nysgerrighed noterne, som Leonardo da Vinci efterlod, omkring den kendte **Codex Atlanticus**, hvori man kan opdage hemmeligheden bag hans konstruktioner.



Målet er at arbejde med cirklen og firkanten ved at isolere elementære figurer fra de saglige observationer af komplekse figurer, der blev tegnet i løbet af renæssancen.

Ophav: **Wikimedia Common**

Aktivitetens udfoldelse:

Målet er at arbejde med cirklen og firkanten ved at isolere elementære figurer fra de saglige observationer af komplekse figurer, der blev tegnet i løbet af renæssancen.

Eleverne skal først undersøge de geometriske former, der er i dokumentet. Derefter skal de tage størrelserne og genskabe dem ved at prøve sig frem.

Når de lykkedes, skal læreren bede dem om at skrive en tekst om, hvordan de konstruerede størrelserne. Derefter kan de gå skridtet videre ved at genskabe figurerne i et computerprogram (såsom Geogebra).

B. Workshop: Leonardo da Vincis faldskærm: opdagelse og design.

Aktiviteten *Leonardo da Vincis faldskærm* er designet af Fermat Science og har til hensigt at bygge en brugbar faldskærm ved at observere forskellige andre faldende faldskærme. Eleverne kan studere lufts egenskaber i STEAM.

Aktivitetens udfoldelse:

Læreren skal først bygge forskellige faldskærms modeller: med eller uden skorsten, med runde eller rektangulære baldakiner, ved at følge Leonardo da Vincis model osv.

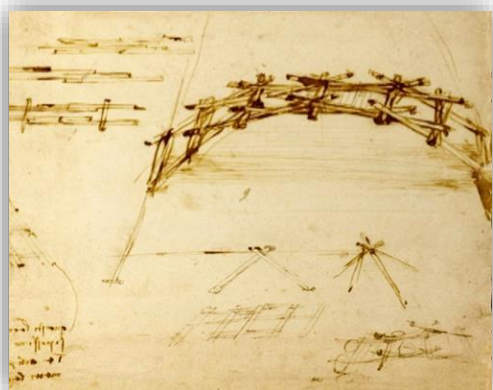
Han eller hun tester dem foran eleverne, som noterer deres egne observationer på en tavle. Hvad er fordelene og ulemperne ved hver af faldskærmene? Derefter skal de fokusere på faldskærmen designet af Leonardo da Vinci. De skal observere den og derefter teste den.



Efter denne periode med observation skal eleverne med hjælp fra deres lærere bygge denne faldskærm ved at følge en konstruktionsinstruktion. En anden workshop under dette tema kan findes i **Manoir du Clos-Lucé**, Leonardo da Vincis hjem i Frankrig.

C. Workshop: Leg med Leonardo da Vincis maskine.

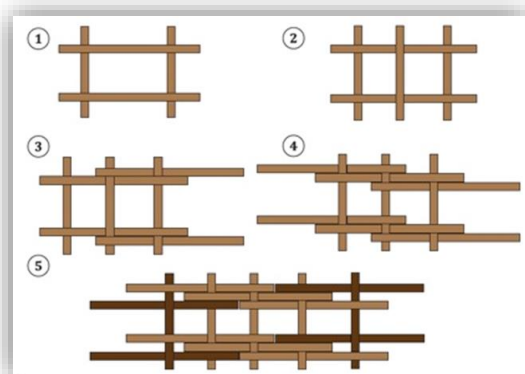
Leonardo da Vincis bro består af sammenkoblede træstykker: antallet af og dimensionerne på broens elementer er variable, men bestemmer længden og højden på broen.



Leonardos bro består af sammenkoblede stykker af træ: antallet af og dimensionerne på broens elementer er variable, men bestemmer længden og højden på broen. **Ophav: Wikimedia Common**

Workshoppens formål er at få eleverne til at bygge en bro mellem to borde med et to meter langt mellemrum. Flere forskellige materialer kan bruges. Arbejde med kræfter i STEM kan udføres. Målet er at bygge Leonardo da Vincis bro. Til mindre broer kan små stykker træ, eksempelvis ispinde, bruges. Miniaturebroer er nemme at bygge alene eller i par.

I det nedenstående diagram illustrerer vi broens konstruktion ud fra mindst ni elementer (seks i længden og tre i bredden).



Ophav: science.lu

Leonardos bro er udelukkende stabil takket være friktionen mellem de individuelle, indlejrede konstruktionselementer.

Sjette eksempel: Videnskabelige opdagelser og oplysningstiden.

Begrebet oplysningstiden dækker over perioden fra det 17. til det 18. århundrede, hvor ideer spirede ud fra det fundament, som renæssancens humanisme, reformation og videnskabelige revolution havde lagt, og som havde nået sit højdepunkt i starten af oplysningstiden. Perioden blev defineret af ideer, der vedrørte fornuftens suverænitet, beviset som primær kilde til viden samt avancerede idealer såsom frihed, fremskridt, tolerance, broderskab, forfatningsmæssig regering og adskillelse af kirken og staten. Folk blev skeptiske overfor kirkens og monarkiets magt og indflydelse. Kirken begyndte at miste magt på grund af den westfalske fred (1648). Kirkens indflydelse blev yderligere reduceret med den amerikanske uafhængighedserklæring, og reduktionen kulminerede med den franske revolution. De sidste to begivenheder reducerede også monarkiets magt. Oplysningstiden var en periode med store modsætninger. Mens perioden på ene side så en stigende støtte til og tro på den individuelle rettigheder og frihed, oplevede perioden på den anden side også en blomstrende slavehandel, der viste sig at være en af de mest økonomisk profitable aktiviteter i perioden¹⁴.

I det slovenske undervisningssystem lærer eleverne om oplysningstiden i 8. klasse (13 år gammel). Eleverne lærer om periodens grundlæggende ideer, dens repræsentanter, dens indflydelse på det slovenske territorium og dens rolle i USA's historie. I Storbritannien lærer elever om perioden i tredje stadie (mellem 11 og 14 år), og de diskuterer emner lignende dem i det slovenske pensum^{3,15}.

Oplysningstiden blev et svar eller et resultat af den videnskabelige revolution, der havde fundet sted mere end hundrede år før. Det var i denne periode, at videnskaben begyndte at tage den form, vi kender i dag. Baseret på renæssancens fremskridt begyndte videnskabsmændene at opgive den deduktive metode (forklaring baseret på fastlagte antagelser) til fordel for den induktive metode, der blev kombineret med systematisk

eksperimentering. På denne måde producerede perioden mange nye og vigtige videnskabelige opdagelser, der medførte et skifte i, hvordan folk tænkte og opfattede verden omkring dem. Mange forfattere anser året 1543 som det skelsættende år, hvor perioden begyndte. Dette var året, hvor Nicolaus Kopernikus publicerede **De revolutionibus orbium coelestium** (Om himmelsfærernes kredsbevægelser).

Kopernikus, Kepler og Galileo var hovedaktørerne i fremmelsen af den heliocentriske teori. Ved at nedbryde og omdanne den fundamentale forståelse for vores planets position i rummet åbnede de en niche for yderligere forskning af generelle principper og fænomener. Nichen blev udnyttet af mænd såsom Descartes og Newton, der formåede at frembringe en teoretisk baggrund til den heliocentriske teori, forklare grundlæggende principper indenfor fysikkens verden, definere tyngdekraftkonceptet og endda fastslå jordens form (geoide).

Perioden frembragte også fremskridt i andre videnskabelige felter. Medicin blev forbedret en god del i takt med populariseringen af den anatomiske opfattelse, der, med den i stigende grad mere almindelige dissektionsmetode, udvidede forståelsen for menneskekroppen. Robert Boyle lagde fundamentet for kemi, der blev et selvstændigt fag fra alkymi.

Andre gennembrud fandt også sted inden for felterne optik (første teleskop af Galileo), elektricitet (forskning af Robert Boyle, Benjamin Franklin osv.), mekanik (første dampmaskine) osv.

Eleverne begynder at lære om oplysningstidens fremskridt i fagene fysik og kemi, som er en del af det britiske pensum i tredje stadie. De bliver introduceret til de videnskabelige metoder allerede i tredje år. I det slovenske uddannelsessystem lærer eleverne om fysik og kemi i 8. og 9. klasse (alderen 12-14 år).

Første aktivitet: Kædereaktion

Hovedfagområder: Fysik.

Andre mulige områder: Mekanik.

Elevernes alder: Fra 9 år.

Efterspurgte færdigheder: En grundlæggende forståelse for simple mekaniske



principper.

Aktivitetens udfoldelse:

Eleverne bør prøve at bygge en lang og kompleks kædereaktion, der kan fungere som et eksempel og lære dem om kræfter, energioverførsel osv. De kan bruge hvilken som helst slags tilgængeligt materiale. De kan ved brug af Lego® iscenesætte mere komplekse led mellem kædens trin. Læreren bør holde opsyn med processen og sikre sig, at eleverne anvender forskellige energityper (potentiell, kinetisk, elastisk, kemisk). Byggeprocessen bør efterfølges af test, optimering og diskussion.



Eksempel på kædereaktion.
Foto: Primary Science Teaching
Trust, n.d.

Anden aktivitet: Faldende objekter.

Hovedfagområder: Fysik

Andre mulige områder: /

Elevernes alder: Fra 6 til 10 år.

Efterspurgte færdigheder: Grundlæggende færdigheder indenfor udforskning og design.

Aktivitetens udfoldelse:

Elever skal placere sig på en hævet position og herfra observere forskellen i forskellige objekters fald. De skal fastgøre en enkel faldskærm til et objekt, lade det falde fra samme sted og observere forskellen i faldet. Aktiviteten bør blive guidet af en lærer, som står for sikkerheden (i forhold til et passende sted og objekter) og den teoretiske baggrund for eksperimentets udfald.



Tredje aktivitet: Statisk elektricitet og elektrisk ladning.



Hovedfagområder: Fysik og elektricitet.

Andre mulige områder: Historie.

Elevernes alder: Fra 10 til 14 år.

Efterspurgte færdigheder: Grundlæggende færdigheder indenfor observation og den deduktive metode.

Aktivitetens udfoldelse:

- Første eksperiment: Statisk ladning.

Eleverne skal gnide en plastik stav, kam, ballon eller lignende mod et uldent klæde for at skabe en elektrisk ladning. De skal nærme sig vandstrømmen fra en vandhane (langsomt, stabil strømning) og observere, hvad der sker. De kan eksperimentere med et større eller mindre objekt, flere objekter ad gangen, en stærkere eller svagere vandstrøm osv. Eksperimentet bliver efterfulgt af en diskussion og forklaring på fænomenet.

Elektrisk ladet ballon, der bøjer vandstrømmen.

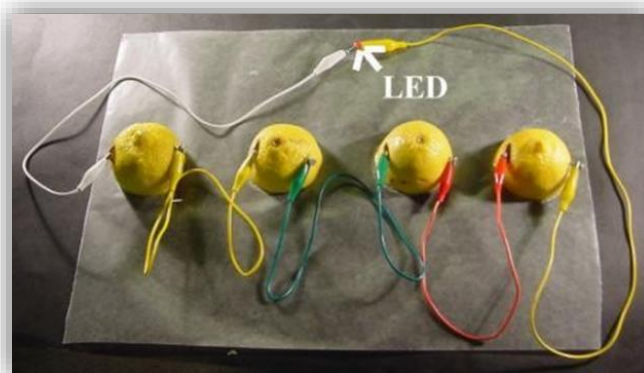
Foto: The Daily Observer, 2014



- Andet eksperiment: Citron lampe

Eleverne sætter et enkelt kobber- og zinksøm i hver side af fire citroner. De forbinder citronerne således, at kobbersømmet på en citron er forbundet med zinksømmet på en anden og så videre. Når alle citronerne er forbundet i en linje, forbinder vi det frie zinksøm på den ene side med det frie kobbersøm på den anden af ledningen med en lysdiode. Den burde begynde at lyse.

Eleverne bør prøve at optimere eksperimentet ved at bruge forskellige typer frugt eller grøntsager, justere på antallet af forbindelser osv. Efter eksperimentet bør eleverne og læreren diskutere, hvorfor dioden begyndte at lyse, hvad formålet med hvert link er osv.



Eksempel på citron batteri (Foto: Hila – Projects, n.d.).

Konklusion

I de forrige afsnit har vi præsenteret en række projektbaserede aktiviteter. Hvert afsnit inkluderer historisk information for at fordybe læseren i den specifikke historiske periode. Derefter blev aktiviteterne beskrevet trin for trin for at hjælpe eleverne med at udvikle deres færdigheder i fællesskab og forstå teknologiens grundlag og de respektive videnskabelige og kulturelle principper.

Den første del præsenterede aktiviteter, der relateres til stenalderen. Stenalderen fandt sted på forskellige tidspunkter i forskellige lande. Alligevel har mennesker i forskellige områder rundt om i verden udviklet adskillige aktiviteter og kulturelle genstande ved brug af primitive teknikker. Læringsaktiviteterne inkluderer blandt andet smykkefremstilling og forståelse af genstandes mønstre.

Det næste afsnit præsenterede nogle eksperimenter, som oprindeligt blev udført af kendte græske videnskabsmænd. Afsnittet introducerede først nogle af de vigtigste, historiske aktører i den respektive tidsperiode. Gennem Arkimedes' eksperimenter, Thales' principper og Xenagoras' målinger kan eleverne lære om principper fra felterne matematik, fysik og kemi til at beregne et objekts massefylde og bygningers højde ved brug af hjemmelavede redskaber.

Den romerske civilisation blev derefter diskuteret. Innovationer såsom de romerske talord, den julianske kalender og opfindelsen af et postvæsen er nogle af de præstationer, der blev gjort i denne historiske periode. Eleverne bliver introduceret til de romerske talord,

konstruktionen af en vej og en olielampe. Alle disse aktiviteter er baseret på teknikker, som romerne udviklede.

Femte afsnit fokuserer på middelalderen. Eftersom middelalderen også var en periode præget af religiøs hengivenhed, fokuserer projektet på katedraler og deres dele samt studiet af deres arkitektoniske mønstre.

Det næste afsnit vedrørte renæssancens kunst og videnskabelige teknikker. Brugen af Rafaels arbejde med symmetri og Leonardo da Vincis værker blev diskuteret. Eleverne blev vejledt i, hvordan man konstruerer specifikke objekter, og gennem aktiviteterne undersøgte de kunstnernes værker.

Sidst men ikke mindst blev oplysningstiden udforsket. Selvom oplysningstiden var en intellektuel og filosofisk bevægelse, blev vigtige videnskabelige opdagelser også gjort i perioden. Elektricitet og mekanikkens love er nogle af de aktiviteter, hvorigennem eleverne blev involveret i denne periode.

Den vigtigste komponent i STEAM undervisning er integration. I stedet for at undervise i hvert emne separat, er det bedre at fokusere på omfattende, projekt- og undersøgelsesbaserede kurser med vægt på tværfaglig læring. Dette er mere i tråd med den måde, hvorpå vi løser problemer i den virkelige verden. Dette er det primære fokus for de aktiviteter, der blev præsenteret i dette kapitel.

Del 3: Og hvad med det digitale?

1. Det digitale i formel og uformel undervisning

Nutidens formelle undervisningsmiljø undergår en række transformationer. På den ene side øger implementeringen af digitale teknologier elevernes interaktionsdimensioner. På den anden side ansporer et skifte i metodologiske strategier til mere inddragende læringsprocesser. Den voksende interesse i at arbejde tværfagligt med disciplinerne kunst, videnskab, teknologi, ingeniørarbejde og matematik stemmer overens med ønsket om at øge læringsmulighederne (STEAM).

Horizon rapporten “NMC Horizon project”⁶ (Educause, 2018) identificerer og beskriver videregående uddannelsers tendenser, udfordringer og udvikling indenfor uddannelsesteknologi, der sandsynligvis vil have en indflydelse på læring, undervisning og kreative undersøgelser.

Udover de forhåbninger, der blev pålagt de digitale medier i begyndelsen, skaber deres brug i skolerne nye krav til elevernes hjerner. Tablets og computer overbelaster koncentrationsevnen hos de elever, der har svært ved at skelne mellem relevant og supplerende information.

Eleverne er nødt til at blive mere selvstændige og kompetente for at kunne gøre brug af fordelene, som de nye teknologier byder på. Dette vil kræve mere aktiv og inddragende undervisning.

Digitale apparater i skolemiljøet bliver ofte en uhåndterlig byrde for lærere, da pensummet skal tilpasses, og lærerige aktiviteter skal udarbejdes på en anden måde. Brugen af misbrugte digitale apparater kan føre til frustrationer, der kan ende ægte videnskabelige og teknologiske kald, særligt hos unge piger.

⁶ <https://library.educase.edu/resources/2018/8/2018-nmc-horizon-report>

Formel undervisning følger et specifikt pensum, det gør uformel og ikke-formelle undervisningsteknikker ikke. Det er nødvendigt at have en studieplan og pensum, men i det første tilfælde er det en mere rigid ramme, og små ændringer bør foretages, eftersom skoleadministration og lærere modsætter sig det. I den anden tekniks tilfælde er der en standard fleksibilitet, som gør den nemmere at tilpasse til elevernes behov og interesser. Fokuset er på at give eleverne evnen til at uddanne dem selv, at være nysgerrige og følge deres passion og interesser.

I de seneste år har vi været vidne til en ustoppelig vækkelse af, hvad vi kalder "skaber kultur" eller mere specifikt af digitale fabrikationsrum og alle aktiviteter forbundet med dette koncept. Vi kan se, at den fælles akse, som de drejer sig om, er promovering, deling og udbredelse af projekter, der er dedikeret til at lade børn "skabe" deres egne fremskridt relateret til teknologi eller ej, med vægt på design og kreativitet. Makerspaces (skaberværksted) er bare rum med ting, hvor folk kan lave ting. De kan se vidt forskellige ud, eksempelvis et traditionelt klasseværksted, klasseværelse til teknologi undervisning, mere håndværk, eller tekstilt værksted, eller fokuseret på computerdesign, højteknologisk, lavteknologisk osv. Formålet med rummet er, at folk skal have tilgængelige redskaber til at integrere hands-on læring.

I ikke-formel undervisning fremstår brugen af digitale apparater som en naturlig del af aktiviteterne, der skal udvikles, da ikke-formel undervisning er udviklet af organisationer, der normalt ikke har så rigide rammer som formel undervisning. Mange af disse aktiviteter er baseret på brugen af andre redskaber, der kræver brug af computere eller digitale apparater for at kunne skabe eller styre dem.

Oplevelsen fra Trånsit Projectes får os til at anse pædagogiske aktiviteter som processer, hvor teknologi bare bliver brugt som endnu et redskab, og vi lægger vægt på læringsmetodikken til at lære.

Uformelle undervisningsprogrammer tilbyder utrolige muligheder for unge mennesker, der tillader dem at udvide deres læring, fordybe sig i nye og spændende miljøer og fokusere på deres interesser.

Det lader til, at disse miljøer også er ideelle for udviklingen af aktiviteter relateret til skolens pensum eller udfordrende opgaver, da unge mennesker kan bruge meget tid på at arbejde med et enkelt projekt eller finpudse deres færdigheder. Et generelt blik på rum, der udvikler uformelle undervisningsaktiviteter, viser, at ungdomsorienterede makerspaces og skaberprogrammer, uanset undervisningsrammen, tydeligvis oplever lignende udfordringer.

Selvom projektbaseret arbejde er et overbevisende middel til at vurdere læring og færdigheder, formår centrer stadig at regne ud, hvilke faciliteringsmetoder der er mest effektive, hvilke redskaber man kan bruge og hvordan man bedst fastholder arbejdet, det igangværende arbejde og skabelsesprocessen. Disse uformelle programmer bringer grupper af passionerede undervisere og ligesindede sammen, der er fastsat på at bane vejen frem for unge menneskers læring og vækst.

Ikke-formel undervisning tillader hands-on, kinetisk og aktiv læring. I artiklen "Learning through making: Emerging and expanding designs for college classes" (Trust, Maloy & Edwards, 2017) forklarer Trust, Maloy og Edwards, at "makerspaces can shift how learning happens (...) settings by allowing students to become active producers of knowledge rather than passive recipients of information. By encouraging creative thinking, design, and expression of ideas, making activities can increase student engagement, encourage problem solving and collaboration, and foster creativity".

Learning by doing (lære ved at gøre) processen gennem hands-on aktiviteter, eller kinetisk læring, er ofte forbundet med "increased learning outcomes for all students". Ikke-formelle undervisningsrum tillader denne type læring ved at udnytte et "intellectual playground concept to inspire deeper learning through deep questioning". Dette tilvejebringer en alle tiders mulighed for "lige til tiden" læring eller læring, der er knyttet til et koncept.

Denne læringstilgang fungerer også godt med "frustrationsaspektet" og læring af nye måder at tænke på samt forståelsen af, at "frustration combined with motivation may act as a powerful agent for learning". Lige til tiden, ikke for tidligt, så læreren ikke ender med at løse problemet for eleverne, men ikke for sent, så frustrationerne vender til

lige gyldighed.

2. Eksempler på STEAM / kulturarvsaktiviteter, der kan foretages med digitale elementer

Kulturarv og digitalisering kan lyde som diametrale modsætninger, men der findes interessante eksempler, som viser, hvordan digitale redskaber kan forklare eller genfortolke kulturarv ved at gøre det mere levende end, hvad vi kan læse i bøger.

I det nedenstående fremviser vi to eksempler, der bruger digital teknologi, 3D print i begge tilfælde. Det første eksempel genfortolker antikkens traditionelle kurvefremstillingsteknikker og det andet eksempel forklarer, hvordan specifikke ting blev fremstillet i Romerriget.

Første eksempel: At genskabe Afrika – Afrikanske håndlavede kurve kombineret med digital 3D print⁷

Denne aktivitet er en kombination af workshop og dialog indenfor rammerne af aktiviteterne ved udstillingen "Making Africa" i CCCB⁸ i Barcelona. Dette blev gjort i et samarbejde mellem Maker Convent, CCCB i Barcelona og arkitekten Amir Gazit⁹.

I Afrika oplever man en fremvoksende skaber-ide, hvor nye, hurtige prototypeværktøjer anvendes til at løse lokale problemer ud fra et kreativt perspektiv. Et af det afrikanske kontinents mest karakteristiske træk er dets indbygges brug af og den naturlige kombination af deres ældste traditioner og den nyeste teknologi.

Workshoppen bliver anset som et eksperiment, hvori vi vil kombinere traditionelle afrikanske kurvefremstillingsteknikker med moderne digitale fremstillingsmetoder. Ideen var at designe, forme og 3D printe og derefter væve en kurv ved at kombinere forskellige

⁷ <https://conventagusti.com/maker/remaking-africa-artesania-digital/>

⁸ <http://www.cccb.org/ca/exposicions/fitxa/making-africa/213052>

⁹ <https://www.amirgazit.net/>



geometriske figurer, materialer, teksturer, mønstre og farver.



Andet eksempel: Broderi i det romerske imperium – Hvordan vi fremstiller handsker med romersk teknologi

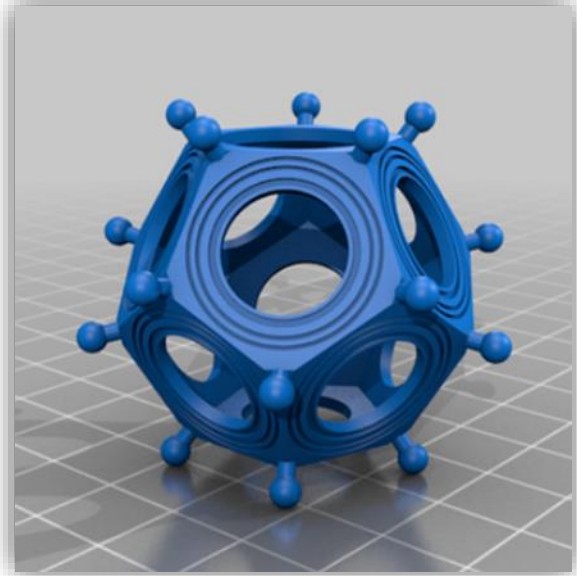
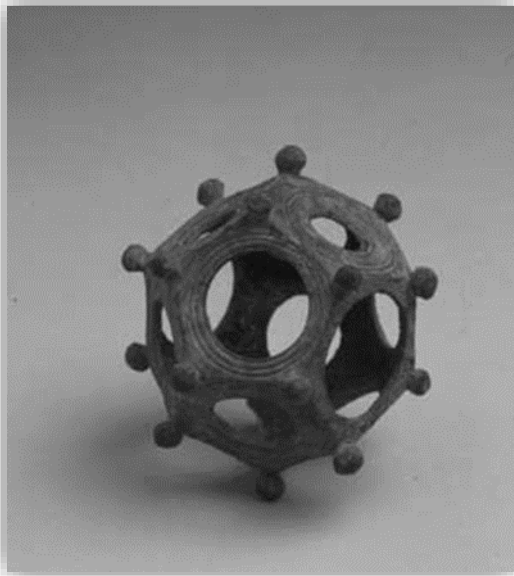
Den romerske dodekaeder er et objekt, der har de mest forskelligartede (og endda fantasifulde) tolkninger af dens brug (Guillier et al., 2008, p. 269-289). Nogle af hypoteserne er følgende: kortlægningsinstrument, sprinklersystem, lamper, en smykkemagers målebæger, snøre til goupillon (redskab til at stænke helligt vand på deltagere under katolsk gudstjeneste), målere til monetære formularer, legetøj eller bold-i-kop-spil, scepter-knap, terningspil, lysestager med flere huller, mesterværker eller elementer, der illustrerer pythagoræiske teorier.

Dette objekt er 59 mm. højt (liggende), men kun 48 til 52 mm. i bredden; dets maksimale diameter er 74 mm., og det vejer 81 g. Det har tolv pentagonale flader med 21 mm. kanter, hvoraf ti af dem har en cirkulær åbning, der er fremhævet af koncentriske cirkler indgraveret i metallet. Disse åbninger varierer fra 10,5 til 22 mm. i diameter. De to andre flader, uden koncentriske cirkler, har ovale åbninger (21x26 mm), som er placeret overfor hinanden på objektet, hvormed de muligvis danner en top og bund. Hvert hjørne, hvor tre flader mødes, er dekoreret med en lille kugle på omkring 5 til 6 mm. i diameter, som er svejset til dodekaedens form.



Dette objekt fra det romerske imperiums historie er blevet genskabt ved brug af 3Dprintning¹⁰, og denne aktivitet udforsker en af de mulige anvendelser af dette fantastiske objekt: strikning. Denne video viser hvordan:

<https://www.youtube.com/watch?v=76AvV601yJ0>.



¹⁰ <https://www.thingiverse.com/thing:4323797>

Del 4: At være en STEAM aktør

1. Hvem kan undervise i STEAM?

“The role of the teacher is to create the conditions for invention rather than provide ready-made knowledge”. Seymour Papert

I følge trend analytikere vil mere end 65 % af nutidens elever vokse op med karrierer, der endnu ikke eksisterer. I dag er det mere end nogensinde afgørende at forberede vores unge på at være klar til fremtiden og at have selvtilliden til at opfinde den verden, de ønsker at leve i. For at opnå dette ændrer mange skoler deres pensum og søger i stigende grad at undervise deres elever i færdigheder, der er centrale i det 21. århundrede, såsom videnskab, teknologi, ingeniørarbejde, kunst og matematik (STEAM) på en tværfaglig måde.

Over de sidste seks år er koncepter såsom STEAM og kodning dukket op i både formelle og uformelle undervisningsmiljøer og fora, hvor de har fundet grundlaget til at udvikle adskillige lærerige aktiviteter. Med STEAM indhold kan vi hjælpe undervisere med at finde de bedste strategier til at ændre på deres programmer, så de passer bedre til elevernes virkelighed.

Mens vi fortsætter med at navigere i en usikker fremtid, er én ting, vi kan regne med, at morgendagens arbejde vil være knyttet til færdigheder indenfor STEAM felter. Bare se hvor hurtigt STEAM konceptet vinder frem!

Hvorfor er det vigtigt, at alle vores elever har muligheden for at deltage i STEAM undervisning?

Det er vigtigt at understrege, at målet med STEAM undervisning ikke er at forvandle hver elev til en programmør eller en ingeniør. Verden har brug for diversitet, elevernes interesser er trods alt forskellige. Målet er i stedet at give hver elev en mulighed for at lære om de teknologier, de benytter sig af, tillære sig et nyt sæt færdigheder og kompetencer,

og vigtigst af alt at hjælpe dem med at se sig selv som forandringskabende innovatorer med en kritisk tankegang, som kan tage en aktiv rolle i at udtænke løsninger på problemer, der betyder noget for dem.

Den moderne verden er i høj grad interaktiv; teknologi er en integreret del af alle aspekter af vores liv fra vores sociale interaktioner til de mest private aspekter af vores liv. For at få denne nye verden til at give mening bør vores elever være komfortable med teknologi, have en god forståelse for, hvordan de fungerer og have en ide om, hvordan man innoverer indenfor et teknologisk felt.

Ved at tilføje kunst til STEM undervisning (STEM + A = STEAM) gør vi ikke kun programmet mere relaterbart for flere elever, både for piger og drenge, men vi giver dem også muligheden for at engagere sig kreativt og at udtrykke sig selv gennem deres projekter, mens de roder med, skaber, deler og leger.

En af største forskelle mellem formel og uformel undervisning er nærheden mellem uddannelsesmiljøet og aktivitetens indhold. En af de undervisningsmetoder, der oftest bliver anvendt, særligt i rum, hvor teknologi og undervisning mødes, såsom makerspaces, er Vygotsky stilladsering (en: Vygotsky scaffolding).

Det kan lyde som en bygningsterm, men Vygotsky stilladsering og det relaterede koncept "zonen for nærmeste udvikling" er undervisningsmetoder, der kan hjælpe elever med at lære meget mere information meget hurtigere, end de normalt ville ved traditionel undervisning.

Teorien bag pædagogisk stilladsering er, at eleverne i forhold til traditionel undervisning lærer mere, når de i et miljø samarbejder med andre elever og andre typer indhold, og som har en bredere vifte af færdigheder og viden, end eleverne har på det tidspunkt. Dette bliver det "stillads", der hjælper eleven med at udvide sine grænser for læring og lære mere, end de ville være i stand til på egen hånd. Dermed øges deres selvstændighed.

Vygotskys stilladsering er en del af uddannelsesbegrebet "zonen for nærmeste udvikling"

eller ZPD (zone of proximal development). ZPD er et sæt af færdigheder eller viden, som eleven ikke er i stand til at udføre på egen hånd, men er i stand til med hjælp eller vejledning fra andre. Det er færdighedsniveauet, der er lige over det niveau, hvor eleven er i øjeblikket.

Når vi bevæger os ind i STEAM undervisning, er samarbejde et aspekt, der er værd at tage i betragtning. STEAM undervisere eller facilitatorer bør samarbejde med deres elever og afskaffe den standard, traditionelle rolle, som den centrale figur i undervisningsprocessen (personen med alle svarerne) og udskifte den med en undervisningsmodel, hvor eleverne påtager sig den centrale rolle som "underviserne" eller videnssøgere, samtidig med at de uddyber deres viden omkring forskellige emner.

Hvem kan så undervise i STEAM?

Det er ikke nødvendigt at have en særlig specifik eller ekspertprofil for at undervise i STEAM. Hverken en teknisk eller pædagogisk profil er nødvendig. Det er derimod nødvendigt med hybridprofiler, der er lydhør overfor teknologi og pædagogik.

Som tidligere nævnt må vi tage hånd om stilladseringen af læring, vi må tage hånd om de rum, hvor aktiviteterne finder sted, vi må være klare omkring de resultater, som vi forventer vedrørende læringsprocessen, og vi må være respektfulde omkring forskelle og afvigelser, som kan forekomme under en aktivitet og derudover ikke forsøge at undervise i noget ud fra en ovenfra-og-ned-logik, men derimod ledsage eleverne i deres læringsproces.

Personen, der underviser i STEAM, bør arbejde for at fremme de resultater, der skal produceres, ved at kombinere de forskellige elementer, der er nødvendige i aktivitetens design.

2. Hvordan underviser man i det? Hvornår og hvor kan STEAM metoden blive implementeret?

Uddannelse er et økosystem, der er designet under hensyntagen til miljøet, eleverne, ressourcerne, lærerne, facilitatorerne, redskaber osv., og når vi taler om STEAM

aktiviteter, bør vi tænke over at inkludere: open-source ressourcer, elektronik og teknologi, der er til at betale for, crowdsourcing og deltagelseskultur, et fokus på STEAM undervisning, adgang til information og DiWO metoder, der fremmer inklusion. Miljøet, hvor aktiviteten finder sted, kan være et hjælpemiddel i processen og motivere udtryksformer, skabelse og kommunikation. Et behageligt og trykt rum tillader folk at udforske. I det følgende vil vi give nogle råd til, hvordan man skaber sådan et rum.

En uddannelsesmæssig aktivitet eller en STEAM aktivitet er en, der frembringer kreative og innovative processer med et læringsmæssigt perspektiv, der lægger vægt på praktisk læring gennem processen og inkluderer teknologi i hele eller dele af processen. Der er længe blevet argumenteret for, at børn og unge kan lære ved at lege og bygge med interessante redskaber og materialer (Montessori, 1912).

Dette er aktiviteter, der fungerer indenfor rammerne af samarbejde, indbyrdes respekt, teamwork, inklusion, kreativitetsstøtte, læring gennem undersøgelse og eksperimentering og innovation.

Eksperimentering og kreativitet er ikke nye koncepter, men fokuset på "learning by doing" (læring ved at gøre) har affødt en ny type praktisk pædagogik. En pædagogik, der fordrer kommunikation, fællesskab og samarbejde (en DiT mentalitet, "Do it Together), vidensdeling, grænseoverskridelse samt imødekommende og fleksibel undervisningspraksis.

Fysiske kreationer kan også muliggøre socialt engagement gennem en delt indsats. Dette kan bringe mere eller mindre erfarne deltagere sammen om en fælles opgave – en udformning, som ofte viser sig at være frugtbar i forhold til læring (Lave & Wenger, 1991; Vygotsky, 1978).

Når man designer en STEAM aktivitet, bør man være særlig opmærksom på visse områder:

- **Facilitering:** Hver aktivitet med elever bør have facilitatorer, der tilskynder aktiviteten til at køre og opnå dets på forhånd definerede mål. Facilitatorens

rolle er lige så vigtig som ethvert andet værktøj. Han eller hun er en guide, der ved, hvor aktiviteten starter, og hvor den er tilmålt at ende, men uden at vide, hvad der sker under processen, hvilket tillader et vist frirum.

- **Miljø:** Aktiviteter bliver udført i rum, men i visse tilfælde er disse rum ikke velegnet til det ønskede formål. Rummet er vigtigt, da det afhjælper aktivitetens udvikling. Vi er nødt til at designe rummet med aktiviteten i mente. Vi er nødt til at udvælge forskellige rum til samarbejde, eller til arbejde med computere eller værktøj, rum, hvor man kan blive snavset osv., men også identificere og lokalisere materialerne; dem der er fungible og dem der ikke er.
- **Materialer og ressourcer:** Valg af materialer, der fremmer aktivitetens udvikling, er særlig vigtig. At arbejde med genanvendt materiale på en bæredygtig måde i miljøet tilføjer værdi til forløbet. Æstetik er relativt, når det kommer til kreativitet og hands-on læring.
 - Undværligt materiale: Genanvendt materiale, der hjælper med at øge kreativiteten, respekterer miljøet og forbedrer eksperimentelle færdigheder.
 - Uundværligt materiale: Det uundværlige materiale er det, der er passende for aktiviteten, og som passer til de fungible materialer, der vil blive anvendt.
- **Deltagere:** Vi må tage i betragtning, hvem vores deltagere er. Aktiviteter for alle slags børn eller unge er ikke de samme, som er passende for voksne eller ældre personer. Under alle omstændigheder er mennesker det centrale element i enhver workshop.
- **Indhold:** Workshop aktiviteten trin for trin. Et pædagogisk program med klare mål og detaljeret udførelse.
- **Kommunikation:** En kommunikationsplan til før, under og efter aktiviteten. Udsend materiale, fotografier og videoer, men sørg for at have en underskrevet tilladelse fra deltagerne til at bruge fotografierne.
- **Dokumentation:** Overvej hvem der vil notere detaljer omkring aktiviteten og tage videoer og fotografier, og i hvilket format.

For yderligere information se siden Methodology for Educational Making Activities her: (<http://m4inclusion.com/IO-1MethodologyForEducationalMakingActivities.pdf>), der er et resultat af European Project Makers for Inclusion, som er blevet til med støtte fra blandt andet Erasmus+ programmet.

Del 5: En fordelagtig tilgang for alle: inklusion

Et af hovedkoncepterne, man bør overveje for at nå målet med STEAMbuilders projektet, er at involvere alle elever gennem innovativ og engagerende materialer. Inklusionen af alle elever er essentiel for, at denne innovative måde at fremskynde STEAM undervisning virker effektivt. I denne del af guiden vil vi danne et overblik over de elever, man særligt bør være særligt opmærksom på, forskellige typer af indlæringsvanskeligheder og de udfordringer de kan støde på og potentielle måder at tilpasse materiale for at gøre dem mere inkluderende.

1. Mål med projektet i forhold til inklusion

Et af hovedformålene med dette projekt er at sikre, at ingen bliver ladet i stikken og at alle eleverne føler sig engagerede i og motiveret til at blive involveret i STEAM emner. De elever, der er i risiko for at falde bagud i STEAM fag er piger, elever med SLD'er og elever med en migrantbaggrund.

2. Hvad er inklusion?

Definition på inklusion:

Inklusion handler om at gøre læring og materialer fleksibel, tilgængelige og forståelige for alle elever. Det drejer sig om konstant at genoverveje læringsprocessen, så alle eleverne føler sig inkluderede i processen. Ideen bag "inklusionsdesign" er at gå tilbage til det oprindelige design af processen og genopbygge den på den mest inkluderende og effektive måde for alle.

Kategorier af elever, der er i risiko for at falde bagud eller at droppe ud af STEAM fag:

- Piger og elever med vanskelige baggrunde.

Piger og elever med vanskelige baggrund er i større risiko for at droppe ud af et STEAM fag. I dette projekt vil vi bruge kulturarv og historie til at fremme STEAM

undervisning, hvorigennem vi kan præsentere positive rollemodeller, som disse kategorier af elever kan relatere til. Dette kan være en stærk motivation, selvtillidsbooster og inspiration for, at det også er muligt for dem at lykkedes.

- Elever med specifikke indlæringsvanskeligheder

Specifikke Læringsvanskeligheder (SLD'er) er permanente tilstande, der påvirker en persons læringsproces. De har en **neurobiologisk årsag**, der påvirker den måde hjernen bearbejder information: hvordan den modtager, integrerer, beholder og udtrykker information. Det kan således forstyrre den **kognitive udvikling af en indlæringsevne**, men stammer på ingen måde fra en fysisk svækkelse såsom et syns- eller høretab, et motorisk eller intellektuelt handikap. Det skyldes heller ikke en følelsesmæssig forstyrrelse eller ulemper af økonomisk, miljømæssig eller kulturel karakter.

Præsentation af de forskellige Specifikke Læringsvanskeligheder

Hver SLD skaber sit eget sæt af udfordringer, der påvirker elevernes skoleliv:

- **Dysleksi** medfører vanskeligheder indenfor læsning og sprog-baseret behandlingsevner. Dette er den mest almindelige funktionsnedsættelse og overlapper typisk med en anden (et fænomen, hvor tilstandene forekommer samtidig). Det kan påvirke læsefærdighed, afkodning, læseforståelse, evnen til at genkalde, skrivefærdighed, stavning og sommetider taleevnen.
- **Dysgrafi** påvirker en persons skrivefærdighed og finmotorik. Lidelsen vil ofte vise sig ved en ulæselig håndskrift. Det kan også føre til problemer med: at huske specifikke ortografiske kombinationer, stavning, rumlig planlægning på papir, at fastlægge rækkefølgen af ord i en sætning, udarbejde tekst eller at tænke og skrive samtidig.
- **Dyskalkuli** eller **Talblindhed** kan generelt oversættes til besvær med at forstå matematiske symboler, at tælle, at erindre og organisere numre, hvilket er en hindring i forhold til regnestykker eller abstrakte matematiske opgaver.
- **Dysfasi** kommer typisk til udtryk ved problemer med at tale og at forstå det talte ord. Dette leder til udfordringer med mundtlige øvelser og fremlæggelser. Det kan

oversættes til besvær med "at fastlægge rækkefølgen af ord i en sætning", når det bliver hørt.

- **Dyspraksi** vil føre til problemer med koordination, bevægelse, sprog og tale. Det vil typisk påvirke finmotorikken og muskelkontrollen (herunder øjenkontrol), hvilket fører til problemer med bevægelse og koordination, særlig hånd-øje-koordination, sprog og tale.

3. Hvorfor er den inkluderende tilgang fordelagtig?

Diversitet er en kilde til berigelse. Elever, der ikke er vant til klassiske undervisningsmetoder, er ikke mindre intelligente end dem, der "passer til formelen". At pleje deres komplimenterende kvaliteter og give dem adgang til en uddannelse er til gavn for hele klasseværelset.

→ Fordele for eleverne, der bør inkluderes

At blive inkluderet giver dem muligheden for at udvikle de færdigheder, som de vil få brug for at trives i deres fremtidige professionelle og private liv. De vil være bedre rustet til at klare de udfordringer i et samfund, der ikke er tilpasset deres behov og de vil være i stand til at navigere livet lettere.

→ Fordele for de andre elever

Inklusionen af forskellige profiler vil udvide deres horisont og hjælpe dem med at lære tolerance. Dette vil også give dem mulighed for at indse, at et menneske ikke behøves at klare sig godt i alt for at være succesfuld, og at teamwork er et af de bedste redskaber, man kan have for at opnå ethvert mål.

→ Undervisernes fordele

Inklusion af alle profiler vil sænke antallet af underpræsenterende elever og muliggøre en mere jævn og effektiv undervisningsproces. Ved at hjælpe alle elever med at følge med vil klasserytmen blive mere stabil, og det er mindre sandsynligt, at eleverne vil sakke bagud i undervisningen.

→ Fordelene for samfundet generelt

Mennesker med SLD'er udviser måske ikke de sædvanlige "professionelle styrker", som rekrutører efterspørger, men de har også potentialet til at udvikle komplimenterende kompetencer, som er lige så brugbare og essentielle. Eksempelvis er de oftest hårdtarbejdende samt gode til at visualisere ting i 3D, se forbindelser mellem koncepter og fokusere på det større billede. At inkludere alle resulterer i en mere varieret pulje af neurodiversitet med et bredere sæt af færdigheder og kompetencer og vil give os en bredere vifte af mulige løsninger på morgendagens problemer.

4. Inklusion i STEAM undervisning

Nogle grundlæggende tips og tilpasninger kan foretages, som vil være et stort skridt i at gøre ethvert klasseværelse mere inkluderende.

Struktur: Et råd er at starte lektionen med en uddybende forklaring på aktiviteten, sæt klare retningslinjer og del opgaverne ind i mindre trin, hvis nødvendigt. Det tilrådes også at anvende visuelle elementer til at illustrere koncepter og anvende punkttegn for klart at strukturere processer. Sørg for at afsætte nok tid til hver opgave, og at alle eleverne forstår opgaven, før de giver sig i kast med den.

Miljø: Miljøet bør være roligt og stille, men med nok multisensorisk stimulans for at muliggøre dybdegående læring. Rummet bør være ryddeligt og ikke for overfyldt for at hjælpe eleverne med deres rumlige orientering og med deres fokus. Det tilrådes også at undgå nødvendigheden af langvarig øjenbevægelse og at give særlig støtte til elever med opgaver, der involverer klasserumsledelse

Opgaver: Adskillige typer af korte øvelser vil hjælpe med at træne eleverne i at bearbejde forskellige typer af situationer ved at få dem til at fokusere på en opgave af gangen. Det er bedre at fokusere på logikbaserede øvelser fremfor hukommelsesbaserede.

For at reducere tilfælde med multitasking anbefales det, at man reducerer antallet af opgaver, der kræver finmotoriske evner såsom skriveopgaver og at undgå vanskelige

håndteringsopgaver. På denne måde vil eleverne koncentrere sig om timernes indhold fremfor om at udføre en understøttende opgave.

Skriftligt materiale: Det skriftlige materiales format kan skabe vanskeligheder, og af den grund bør teksten være venstre justeret, i en tilpasset skrifttype for skriftlige retningslinjer såsom Arial, Century Gothic eller OpenDys med en **linjeafstand på 1,5** og i en skriftstørrelse mellem **12 og 14**. Endnu et forslag er at opdele teksten i mere håndterbare, mindre afsnit med korte og klare sætninger. Brugen af titler, farve (men vær konsekvent med dine farvevalg) og punkttegn kan også være en fordel.

Det skriftlige materiale bør kun være **printet på den ene side** af papiret, der have en flødefarvet pastelbaggrund for at undgå en stærk kontrast med blækket.

Et afgørende punkt i håndteringen af et klasseværelse med elever med SLD er at øge bevidstheden om, hvad der sker, hvorfor og hvordan. Dette kan være et stort skridt mod at undgå diskrimination og stereotyper i klasselokalet. Transparent kommunikation og en åben attitude er nøglen til at opnå inkluderende uddannelse.

Historie kan være et alle tiders redskab til at vise **rollemodeller**, kendte STEAM professionelle, som ville have været en del af de grupper, der sakker bagud i STEM fagene i dag, og som er endegyldigt bevis på, at det også er muligt for dem at være succesfulde i STEAM feltet. At se nogle, som de kan relatere til, blive præsenteret som succesfulde kan have en stor indvirkning for elevens psyke. Men historie bør også altid blive præsenteret i den rette kontekst, så det bør blive påtalt med omhu og så objektivt som muligt.

5. Konklusion

Som vi så, er det fordelagtigt for alle elever at anlægge en inkluderende tilgang i undervisningen, men det er også fordelagtigt for underviseren og samfundet generelt, da det vil ophøje hele gruppen. I denne del fokuserede vi mest på praktiske tilpasninger i klasseværelset for at inkludere alle elever, men man bør ikke glemme de tilpasninger, der er mere diskrete, og som vi også bør skænke noget opmærksomhed. Som vi så er

uddannelse over tid nøglen til samfundets ophøjelse. Hvis vi ønsker et varieret og uddannet folk, bør alle blive inkluderet i processen. På sigt vil det give et mere komplimenterende sæt af færdigheder til at møde fremtidige udfordringer og færre sociale problemer, da tolerance vil blive en social bestanddel af vores tankegang.

Konklusion

Denne pædagogiske guide er den første skriftlige produktion i projektet STEAMbuilders, et Erasmus+ projekt – et samarbejde mellem Belgien, Cypern, Danmark, Frankrig, Grækenland, Slovenien og Spanien. STEAMBuilders er et projekt, der er skabt på baggrund af Pisa studier fra 2018, der viste, at folkeskoleelever præsterede dårligere i matematik og andre videnskabelige fag. Til sammenligning viser trend analyse studier, at mere end 65 % af elever i dag vokser op med en karriere, der endnu ikke eksisterer. I dag er det, mere end nogensinde, vigtigt at forberede vores unge på fremtiden og have tilliden til at opfinde den verden, de ønsker at leve i.

STEM feltet har rødder i rumkapløbet mellem USA og Sovjetunionen i 1950'erne. Begrebet STEM står for videnskab, teknologi, ingeniørvidenskab og matematik (Science, Technology, Engineering and Mathematics). STEM undervisning involverer tværfaglig undervisning mellem to af de faglige områder, der er associeret med problemstillinger fra det virkelige liv. Med andre ord handler det om læring af STEM emner ved brug af én samlet metode; en metode der giver praktiske og på samme tid betydningsfulde læringsoplevelser.

Ved at tilføje kunst (art) til STEM undervisning (STEM + A = STEAM) gør vi ikke kun programmet mere relaterbart for studerende, både piger og drenge, men vi giver dem også muligheden til at engagere sig i kreativitet og at udtrykke sig selv gennem deres projekter, mens de roder med, skaber, deler og leger.

Mens STEM fokuserer på videnskabelige emner, undersøger STEAM de selvsamme emner, men derimod gennem analyse og problembaseret læringsmetoder, der bruges i den kreative procedure. Resultatet bliver, at forskellige elever arbejder sammen for at skabe et visuelt interessant produkt baseret på den centrale forståelse af STEM konceptet.

En lærerig aktivitet eller en STEAM aktivitet er en aktivitet, der samler kreative og innovative processer med et lærerigt perspektiv, der understreger hands-on læring under processen og inkluderer teknologi gennem eller som en del af processen. Der er længe

blevet argumenteret for, at børn og unge kan lære gennem leg og ved at bygge med interessante redskaber og materialer (Montessori, 1912). Denne metode er vigtig, da undervisning bliver presset til at reagere på en verden i forandring. Jo tidligere elever er åbne overfor STEAM koncepter, jo bedre.

I en verden i hastig forandring vil arbejdspladser i fremtiden uden tvivl kræve, at alle unge, uanset køn, er STEAM kyndige. Det er ikke kun for at forberede elever til fremtidigt arbejde, men det handler også om, hvad disse oplevelser kan give eleverne; hjælpe dem med at vokse op og være selvstændige, dygtige og intellektuelt nysgerrige og STEAM-baseret læring søger at hjælpe elever med at udvikle de nødvendige kundskaber. Derfor handler undervisning ikke længere kun om at lære bestemte færdigheder; det handler også om at forberede eleverne på fremtiden. Eleverne er nødt til at være mere selvstændige og kompetente for at kunne drage fordel af de nye teknologiers fordele. Dette vil kræve en mere aktiv og deltagende undervisning.

Nutidens formelle uddannelsesmiljø undergår adskillige forandringer. På den ene side øger implementeringen af digitale teknologier elevernes interaktionsdimensioner. På den anden side ansporer et skifte i metodiske strategier til mere deltagende læringsprocesser. Den nutidige verden er meget interaktiv; teknologi er en integreret del af alle aspekter af vores liv, fra vores sociale interaktioner til de mest private aspekter af vores liv. For at forstå denne nye verden må vores elever være trygge ved teknologi, have en god forståelse for, hvordan det fungerer og have ideer om, hvordan man innoverer et teknologisk felt.

Mens den formelle uddannelse følger et specifikt pensum, gør uformelle og ikke-formelle træningsteknikker det ikke. Fokusset er derimod på at give eleverne muligheden for selvuddannelse, at være nysgerrig og følge deres passion og interesser. Ikke-formel træning tillader praktisk, kinæstetisk og aktiv læring.

Vores erfaringer leder os til at pege på pædagogiske aktiviteter som processer, hvor teknologi bruges som endnu et redskab, og vi understreger læringsmetoden til at lære. Læringsprocessen ved at udføre praktiske aktiviteter og kinetisk læring er ofte associeret med et "øget læringsudbytte for alle elever". Ikke-formelle læringsmiljøer tillader denne

type læring ved at løfte konceptet ”intellektuel legeplads med det formål at inspirere til dybdegående læring gennem fordybelse”. Dette giver en alle tiders mulighed for ”lige til tiden” læring eller læring forbundet med et koncept.

Denne guide har præsenteret 19 aktiviteter, der relaterer til stenalderen, det antikke Grækenland, det romerske imperium, katedralernes tidsalder, renæssancen og oplysningstiden. På denne måde vil elever stifte bekendtskab med forskellige historiske perioder, videnskaben og videnskabsmændene, hver periodes kultur, og gennem hands-on aktiviteter vil de opnå en bedre forståelse for den fysiske verden og naturvidenskaben.

Når vi bevæger os in i STEAM undervisning, er samarbejde et aspekt, der er værd at overveje. STEAM undervisere eller facilitatorer burde samarbejde med deres elever ved at løsrive sig fra den standard, traditionelle rolle som den centrale figur i undervisningsprocessen (med alle svarerne) og udskifte den med en undervisningsmodel, hvor eleverne iklæder sig den centrale rolle som ”undervisere” eller videnssøgere samtidig med, at de uddyber deres viden omkring forskellige emner.

Et af de vigtigste koncepter man bør overveje for at nå målet med STEAMbuilders projektet er at involvere alle elever gennem innovativ og engagerende materialer. Det handler om konstant at genoverveje læringsprocesser, så alle eleverne føler sig involverede i processen.

I dette projekt vil vi bruge kulturarv og historie til at fremme STEAM undervisning, hvorigennem vi kan præsentere positive rollemodeller, som disse elevtyper kan relatere til. Diversitet er en kilde til berigelse. Elever, som ikke er vant til klassiske læringsmetoder, er ikke mindre intelligente end dem, der ”passer til formen”. STEAM-baseret undervisning ved hjælp af de rigtige metoder kan være særlig brugbare i forhold til elever med læringsvanskeligheder, eksempelvis ordblindhed, dyspraksi og dysgrafi. Måske kan STEAM undervisning endda hjælpe med at åbne øjnene på alle mennesker, uanset diagnoser, til at møde som den person, de er.

Hvis vi ønsker at have et varieret og uddannet folk, må de alle involveres i processen. På længere sigt vil det give mere komplementære færdigheder til at møde fremtidens udfordringer og færre samfundsproblemer, da tolerance vil være en socialt integreret del af



vores tankegang. Mens vi fortsætter med at navigere i en usikker fremtid, kan vi regne med, at morgendagens arbejde sikkert vil være knyttet til en færdighed indenfor STEAM felterne.

Kildehenvisninger

Indledning

Education and training. (2019, December 9). Education and Training – European Commission.

https://ec.europa.eu/education/news/pisa-2018_en

Comment faire aimer Les maths aux élèves ? (n.d.). Le Soir

<https://www.lesoir.be/art/1001314/article/actualite/mathiere-grise/2015-09-28/comment-faire-aimer-maths-aux-eleves>

Enseignement des mathématiques. (2017, December 31).

https://www.apprendreaapprendre.com/reussite_scolaire/enseignement-mathematiques/

Del 2.1

Nielsen, Bjarne: Aar bog for Vesthimmerlands Museum (Årbog for Vesthimmerlands Museum 2010) page 19-26

Jensen, Jørgen:

https://danmarksoldtid.lex.dk/Menneskene_-_4000-2800_f.Kr.

Basere på Tollensee fund fra Tyskland.

<https://videnskab.dk/krop-sundhed/skeletfund-indikerer-europaeere-kunne-ikke-taale-maelk-i-bronzealderen>

Baseret på fundet af stenalderpigen, “Lola”.

https://www.lollandsstenalder.dk/hjem/om-udstillingen/webdok_lola/

Del 2.3

Archimedes' Principle - College Physics | OpenStax. (n.d.). *OpenStax*.

<https://openstax.org/books/college-physics/pages/11-7-archimedes-principle>

Archimedes' principle | Description & Facts (n.d.). *Encyclopedia Britannica*.

<https://www.britannica.com/science/Archimedes-principle>

Cajori, F. (1929). History of Determinations of the Heights of Mountains. *Isis*, 12(3), 482–514.

<https://doi.org/10.1086/346425>

Golden Ratio. (n.d.). Math Is Fun.

<https://www.mathsisfun.com/numbers/golden-ratio.html>

The Many Vital Contributions Ancient Greeks Made to Scientific Knowledge. (n.d.). ThoughtCo.

<https://www.thoughtco.com/ancient-greek-scientists-inventions-and-discoveries-120966>

Weisstein, E.W. (n.d.). *Golden Ratio*. From MathWorld--A Wolfram Web Resource.

<https://mathworld.wolfram.com/GoldenRatio.html>

Del 2.4 og 2.7

Mark, J.J.(2009, September 02) *Ancient Rome*. Ancient History Encyclopedia Foundation.

<https://www.ancient.eu/Rome/>

ITER ROMANUM (n.d.). *The cultural heritage of Rome*.

<https://www.iter-romanum.eu/en/culturalitineraries/the-cultural-heritage-of-rome>

Zavod RS za šolstvo (2011a) *Učni načrt. Program osnovna šola. Zgodovina*

https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_zgodovina.pdf

Department of Education (2013, September) History programmes of study: *key stages 1 and 2, National curriculum in England*

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/239035/PRIMARY_national_curriculum_-_History.pdf

Lynch, P. (2019, July 4) *What did the Romans ever do for maths? Very little. The Irish Times.*

<https://www.irishtimes.com/news/science/what-did-the-romans-ever-do-for-maths-very-little-1.3940438>

Kashyap, V. (2018, March 6) *19 Greatest Inventions of the Roman Empire That Helped Shape the Modern World. Interesting Engineering, Inc.*

<https://interestingengineering.com/19-greatest-inventions-of-the-roman-empire-that-helped-shape-the-modern-world>

Zavod RS za šolstvo.(2011b) *Učni načrt. Program osnovna šola. Matematika*

https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_matematika.pdf

Department of Education (2020, July 6) *National curriculum in England: mathematics programmes of study.*

<https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-mathematics-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-mathematics-programmes-of-study>

Kids Discover (2016, January 12) *Games and Activities on the Roman Empire.*

<https://kidsdiscover.com/teacherresources/games-and-activities-on-the-roman-empire/>

Warner, M. (n.d.) *Roman Roads.* Teaching Ideas.

<https://www.teachingideas.co.uk/romans/roman-roads>

Albi, A. (2019, December 20) *Ancient Roman Oil Lamps Making*.

<https://suffahschool.hounslow.sch.uk/ancient-roman-oil-lamps-making/>

The Kid Should See This (n.d.) Construct a Roman aqueduct, a DIY engineering activity

<https://thekidshouldseethis.com/post/how-to-make-a-roman-aqueduct-diy-engineering-video>

Bristow, W. (2017, August 29) *Enlightenment*. The Stanford Encyclopedia of Philosophy.

<https://plato.stanford.edu/entries/enlightenment/>

Jarus, O. (2019, September 12) *What Was the Enlightenment?*. Live Science.

<https://www.livescience.com/55327-the-enlightenment.html>

Department of Education (2014, December) *The national curriculum in England Key stages 3 and 4 framework document*

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/840002/Secondary_national_curriculum_corrected_PDF.pdf

Lumen Learning (n.d.) *The Scientific Revolution*.

<https://courses.lumenlearning.com/boundless-worldhistory/chapter/the-scientific-revolution/>

Zavod RS za šolstvo (2011c) *Učni načrt. Program osnovna šola. Fizika*.

https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_fizika.pdf

Department of education (2015, May 6) *National curriculum in England: science programmes of study*.

<https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study>

Primary Science Teaching Trust (n.d.) *Chain reaction.*

<https://pstt.org.uk/resources/curriculum-materials/chain-reaction>

Scientific Foundation Ireland (n.d.) *Engineers Week Gravity, Classroom Resource Booklet.*

<https://www.engineersireland.ie/LinkClick.aspx?fileticket=0g0LZLmOFMQ%3D&portalid=0&resourceView=1>

The Benjamin Franklin tercentenary. (2005) *LESSON 7: Let's Throw an Electric Science Party!*, *The Search for Useful Knowledge.*

http://www.benfranklin300.org/edu_pdf/BF300Plans_Middle7.pdf

Del 2.5 og 2.6

Le Château du Clos Lucé

<https://www.vinci-closluce.com/fr>

Château fort Guédelon

<https://www.guedelon.fr/fr>

Centre d'interprétation des cathédrales

<http://cathedraloscope.com/>

Hjemmesidetekst om forfatteren Pierre Bellenguez

http://wikipasdecalsais.fr/index.php?title=Pierre_Bellenguez

Hjemmesider om Fermat Science

<https://www.fermat-science.com/>

<https://www.voyage-mathematique.com/>

Del 3

Samantha Adams Becker, Malcolm Brown, Eden Dahlstrom, Annie Davis, Kristi DePaul, Veronica Diaz, and Jeffrey Pomerantz. NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition. Louisville, CO: EDUCAUSE, 2018. Educause.

<https://library.educause.edu/resources/2018/8/2018-nmc-horizon-report>

Trust, Torrey & Maloy, Robert & Edwards, Sharon. (2017). Learning through Making: Emerging and Expanding Designs for College Classes. TechTrends. 10.1007/s11528-0170214-0.

Gérard Guillier, Richard Delage & Paul-André Besombes (2008). Une fouille en bordure des thermes de Jublains (Mayenne) : enfin un dodécaèdre en contexte archéologique !.

<https://doi.org/10.4000/rao.680>

Del 4

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Learning in doing: Social, cognitive, and computational perspectives. Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>

Vygotsky, L. (1978). Interaction between Learning and Development. In Gauvain & Cole (Eds). *Readings on the Development of Children*. New York: Scientific American Books. p.34-40.

Del 5

BrightHub Education. (2010, March 21). *A history of improvement and inclusion in special education*.

<https://www.brighthouseeducation.com/special-ed-inclusion-strategies/66803-brief-legal-history-of-inclusion-in-special-education/#:~:text=Inclusion%3A%20Another%20Way%20to%20Educate,separate%20classes%20remain%20the%20norm>

Chinn, S., & Ashcroft, R. E. (2017). *Mathematics for dyslexics and Dyscalculics: A teaching handbook*. John Wiley & Sons.

EDA - European Dyslexia Association. (n.d.). *What is dyslexia ?* European Dyslexia Association – Umbrella organisation for Dyslexia organisations in Europe.

<https://eda-info.eu/what-is-dyslexia/>

Erin E. Peters-Burton, Sharon J. Lynch, Tara S. Behrend & Barbara B. Means. (2014, January 10). *Inclusive STEM high school design: 10 critical components*. Taylor & Francis.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00405841.2014.862125>

INSERM. (2019, October 24). *Troubles spécifiques des apprentissages*. Inserm - La science pour la santé.

<https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/troubles-specifiques-apprentissages>

Jennifer Gnagey, Stéphane Lavertu. (2016, May 26). *The impact of inclusive STEM high schools on student achievement*. SAGE Journals.

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2332858416650870>

Kara Wyman (MEd). (2020, March 4). *Inclusive teaching strategies for STEAM projects*. ResilientEducator.com.

<https://resilienteducator.com/classroom-resources/steam-projects-inclusive-teaching/>

LaForce, M., Noble, E., King, H. et al. (2016, March 21). *The eight essential elements of inclusive STEM high schools*. International Journal of STEM Education.

<https://doi.org/10.1186/s40594-016-0054-z>

Lilla Dale McManis (PhD). (2020, September 2). *Inclusive education: Definition, examples, and classroom strategies*. ResilientEducator.com.

<https://resilienteducator.com/classroom-resources/inclusive-education/>

L'APEDA. (n.d.). *Les différents Troubles*. APEDA Belgique | Association belge de Parents et Professionnels pour les Enfants en Difficulté d'Apprentissage.

<https://www.apeda.be/comprendre-troubles-dys/les-differents-troubles/>

Ralph P Ferretti, Charles MacArthur. (2001, February). *Teaching for historical understanding in inclusive classrooms*. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/258166501_Teaching_for_Historical_Understanding_in_Inclusive_Classrooms

Ren Hullender (PhD), Holly Hoffman (PhD), Julie Cunningham (MA). (2016, March). *STEAM: Creating an Environment of Inclusion and Innovation*. Campus Compact for Michigan – Educating Citizens. Building Communities.

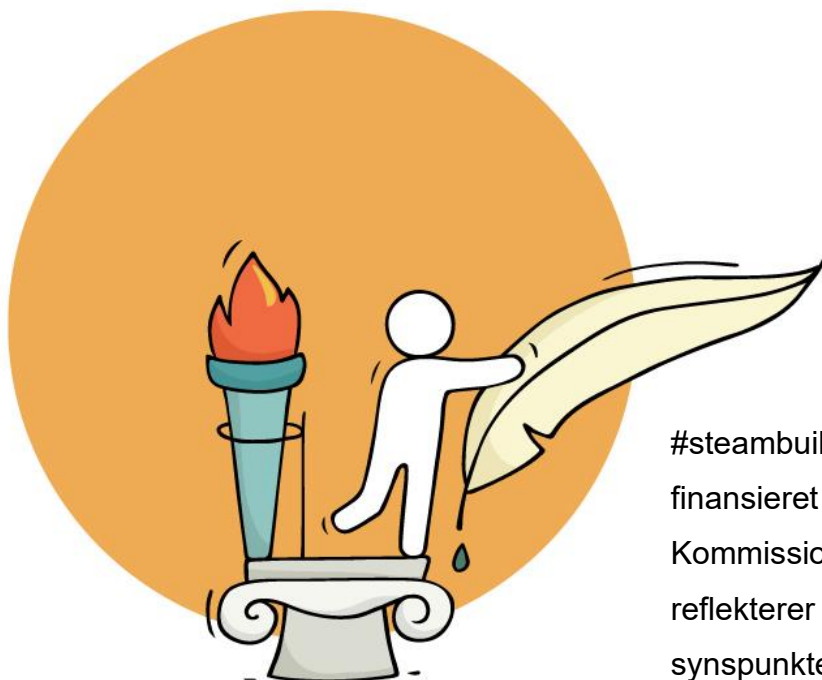
<https://micampuscompact.org/wp-content/uploads/large/sites/34/2017/06/CMU-STEAM-White-Paper-March-2016.pdf>

UDL Guidelines Cast. (2018, August 31). *Universal Design for Learning Guidelines*.

UDL: The UDL Guidelines.

<https://udlguidelines.cast.org/>

Yeo, D. (2008). *Dyslexia, dyspraxia and mathematics*. John Wiley & Sons.



#steambuilders projektet er finansieret med støtte fra Europa-Kommissionen. Indholdet reflekterer udelukkede forfatternes synspunkter, og Kommissionen kan ikke holdes ansvarlig for enhver brug, der kan gøres af de informationer, der findes deri.

Projekt kode: 2020-1-FR01-KA201-080668

