Erfaringer fra tverrfaglig prosjekt med matematikk og kunstfag

«Når jeg tenker på kunstfag innbiller jeg meg litt mer matte»

Maja Siqveland

Masteroppgave i matematikkdidaktikk
30 studiepoeng

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning
Det utdanningsvitenskapelige fakultet

Våren 2021

Sammendrag

Denne kvalitative studien undersøker elevers holdninger i matematikk knyttet til et tverrfaglig prosjekt med matematikk og kunstfag. Tverrfaglig arbeid handler om å opprette koblinger mellom ulike skolefag og til livet utenfor skolen (Drake & Burns, 2004). En slik opplæring har etablert seg som et sentralt fokus i Kunnskapsløftet 2020 og skolen skal legge til rette for at elever utvikler kompetanse i å bruke ferdigheter og sette sammen kunnskaper fra ulike fag (NOU 2015: 8). Opplæringen skal også fremme elevers motivasjon og holdninger (Kunnskapsdepartementet, 2020c). Dessverre ser man en synkende trend i elevers holdninger, motivasjon og interesse for matematikkfaget desto eldre man blir (Kislenko, 2009).

Denne studien tar utgangspunkt i et tverrfaglig undervisningsopplegg som kombinerer matematikk og kunstfag på studieretningen Kunst, Design og Arkitektur på Vg1. Med utgangspunkt i Di Martino og Zans (2010) holdningsmodell, har jeg ønsket å undersøke elevenes holdninger til matematikk og det tverrfaglige prosjektet. Problemstillingen er som følger: *Kan et tverrfaglig prosjekt med matematikk og kunstfag fremme positive holdninger til matematikk og matematikkundervisning?*

For å besvare denne problemstillingen deltok 50 elever ved å svare på et spørreskjema. 6 av disse deltok også i et fokusgruppeintervju. Datamaterialet ble analysert med en induktiv og deduktiv tilnærming for å nyansere problemstillingen. Resultatene viser at elevene ser flere sammenhenger mellom fagene, og opplever at matematikk har anvendelse i kunstfag. Resultatene viser også at det er en forskjell i hvordan elevene responderer på opplevelsen av matematikk i en ny kontekst. Noen ser at matematikk er mer enn bare tall og formler, og synes det er spennende å lære om og gjenkjenne struktur og mønster i matematiske figurer. For andre har det matematiske innholdet i prosjektet stått i stor kontrast til de oppfatningene de har om matematikk fra før. For disse elevene virker det vanskelig å forstå at man i det hele tatt har arbeidet med matematikk i det tverrfaglige prosjektet.

Studien belyser også arbeidet med å utvikle et tverrfaglig prosjekt, og tilhørende utfordringer med å finne relevante tema og aktiviteter for begge fag.

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på mine fem år som student ved Universitetet i Oslo. Da er det noen som fortjener en takk. Takk til veileder Helmer Aslaksen for hjelp og inspirasjon til denne oppgaven. Tusen takk til læreren som stilte sine klasser til disposisjon og for samarbeidet i det tverrfaglige prosjektet. Tusen takk til alle elevene som deltok med kreativitet, engasjement og interesse. Ikke minst takk for åpenhenhet og at dere har delt om deres opplevelser og tanker slik at denne studien kunne bli gjennomført.

Jeg må selvsagt takke alle mine flotte medstudenter gjennom disse fem årene. Takk for lunsjer i lektorkroken, kollokvier og andre kjekke sammenkomster. Takk også til mine andre venner for gode samtaler, lunsj- og ispauser, tips og oppmuntring i løpet av det siste året.

Tusen takk til mamma og pappa som har støttet og oppmuntret. Takk for at dere har interessert dere og lest gjennom oppgaven. Og takk for at dere har vært tilgjengelige for korrekturlesing og en støttende telefonsamtale når som helst. Jeg må også rette en stor takk til søster Siri og bror Anders som har heiet og støttet med omsorg, gode ord og gode samtaler. Ikke minst må jeg takke kollektivet og romkamerat Sandra som gjennom hele året har holdt ut med en stressa student, og heiet meg frem til siste slutt.

Oslo, juni 2021

Maja Siqveland

Innholdsfortegnelse

1 Innledning

Jeg ønsker å starte med å gjøre rede for min egen bakgrunn og fascinasjon for tematikken på oppgaven og valg av problemstilling. Jeg har selv hatt stor interesse og glede for feltene matematikk og kunst så lenge jeg kan huske. Akademisk sett ble dette tydeligst da jeg på videregående skole søkte meg inn på linjen studiespesialiserende med formgiving, som nå har fått navnet *Kunst, Design og Arkitektur*. Her fikk jeg mulighet til å utvikle og utfolde meg innenfor det praktiske og estetiske, og det kunstfaglige opplevdes som noe mer enn «bare» en hobby. På samme tid gikk jeg videre med matematikk i R1 og R2. Selv om disse fagene ikke ble mikset i løpet av mine år på videregående skole, så har egen interesse for kunst og kunstfagene blitt bevart og til en viss grad (spesielt i denne masteroppgaven) formet mine fem år med matematikk som hovedfag i lektorutdanningen. Interessen for kunstfag har blant annet vært synlig i form av min egen fascinasjon over enkelte geometriemner på universitetet. Et eksempel er en studie av M. C. Escher sine bilder som illustrerte hvordan bruk av symmetrier og rotasjoner bidrar til å skape visuelle uttrykk. I tillegg har jeg fått erfare, slik som matematikere ofte kan ha en oppfatning om, at matematikk i seg selv også er et estetisk, kreativt og utfordrende fag. På andre siden har mange elever og folk generelt et syn på matematikk som et verktøy for utregninger eller et sett med regler (Boaler, 2016; Devlin, 1994).

Dette gjenspeiler seg også til en viss grad i tverrfaglig arbeid. Tverrfaglig opplæring og undervisning har etablert seg som en sentral og gjennomgående tematikk i løpet av de siste årene. I Ludvigsen-utvalgets utredning og i LK20 understrekes det at en viktig kompetanse for fremtiden er at elever kan bruke ferdigheter og sette sammen kunnskaper fra ulike fag (NOU 2015: 8). Gjennom en rekke seminarer og forelesninger både på universitetet og på praksisskoler har jeg derfor blitt presentert for ulike eksempel på hvordan skolefag kan kombineres og utfylle hverandre. Noe jeg har savnet er flere eksempel på hvordan matematikkfaget kan bistå og inkluderes i tverrfaglige prosjekter. Eventuelle prosjekt der matematikk er inkludert har jeg i flere tilfeller opplevd at det ender opp med å være et «redskapsfag» for den overordnede tematikken eller de andre skolefagene. Dette har vært en motiverende drivkraft for å finne prosjekter og selv designe et tverrfaglig prosjekt med matematikk som en av hovedbidragsyterne, der kunnskap som er sentralt for matematikkfaget skal stå i fokus. Med en fot i både matematikk- og kunstleiren var det naturlig å prøve seg på et tverrfaglig opplegg i nettopp disse fagene. Altså har både motivasjonen for egen del, men også verdien av et slikt fokus i en didaktisk sammenheng vært drivkraft for denne studien.

For å ramme inn det tverrfaglige prosjektet har jeg valgt å fokusere på elevers holdninger i matematikk. Mange elever har vanskelig for å se matematikkens betydning i opplæringen og for livet etter skolen. Dette gjenspeiles ofte i offentlige debatter om hvilken plass matematikk har i skolen, men det illustreres også i en synkende trend for elevers motivasjon. I en av de nyeste utgavene fra tidsskriftet Utdanning kan vi lese om en ungdomsskoleelevs svekkede motivasjon: «Jeg har alltid gjort det bra på skolen og gjør det fortsatt, men motivasjonen min er tynnslitt» (Waksvik et al., 2021). Det er en skoleflink, men skolelei gutt som kommer med en klar etterspørsel etter mer praktisk arbeid og en skolehverdag som bør handle mer om det virkelige livet.

Uheldigvis er han ikke alene om å føle det slik. Man har funnet at elevers holdninger, motivasjon og interesse for matematikk blir mer negative desto eldre man blir (Hannula, 2002; Kislenko, 2009; Kaarstein & Nilsen, 2016; Pepin, 2011; Østergaard, 2020). Østergaard (2020) legger også vekt på at elevenes interesse og motivasjon for matematikk spesielt svekkes i sammenheng med oppfatningen av fagets relevans. I Overordnet del for LK20 står det at «opplæringen skal fremme elevenes motivasjon, *holdninger* og læringsstrategier, og legge grunnlaget for læring hele livet» (Kunnskapsdepartementet, 2020c). Av den grunn er det viktig å få et innblikk i hva slags holdninger elever har og eventuelt hvordan man kan bidra til å endre den negative trenden. Østergaard (2018) har blant annet tro på at en endring i elevenes oppfatninger kan bidra til å øke deres motivasjon i faget:

> *Developing the students' beliefs about the beauty, the relevance and the importance of mathematics has the potential to enhance the students' motivation for learning mathematics and to change the focus in mathematics education from results and performance to process and application.* (Østergaard, 2018, s. 226)

1.1 Problemstilling

Ernest og Nemirovksy (2016) integrerte kunst i et geometrikurs for matematikkstudenter på universitetsnivå. I slutten av sin artikkel peker de på hva senere forskning på området bør fokusere på, som også illustrerer noe av hensikten med denne studien: «Future directions for this research include investigating the diversity of ways in which artistic engagement in the mathematics classroom can enrich students' learning experiences» (Ernest & Nemirovsky, 2016, s. 368). Denne oppgaven fokuserer på utformingen og designet av et tverrfaglig prosjekt og elevers *holdninger* til matematikk og det tverrfaglige prosjektet.
Problemstillingen lyder som følger:

Kan et tverrfaglig prosjekt med matematikk og kunstfag fremme positive holdninger til matematikk og matematikkundervisning?

Jeg har også formulert to forskningsspørsmål som er med på å presisere, og belyse ulike sider ved problemstillingen:

i. *Hvilke holdninger har elevene i utvalget til matematikk?*
ii. *Ser elevene noen sammenhenger mellom matematikk og kunstfag?*

For å besvare problemstillingen har jeg gjennomført kvalitativ innholdsanalyse på et spørreskjema som ble besvart av to kunstfagklasser på samme studieretning jeg selv gikk på: *Kunst, Design og Arkitektur*. På bakgrunn av at studien undersøker et tverrfaglig arbeid er det relevant å påpeke at hovedfokuset for studien er matematikkfaget. På samme tid er det et ønske at prosjektet skal være relevant og belyse sentrale elementer i begge fag. Derfor har jeg også inkludert resultater som synliggjør kunstfagets rolle i prosjektet.

1.2 Oppbygning av oppgaven

Denne oppgaven består av syv kapitler.

Kapittel 1 er en beskrivelse av bakgrunn for valg av tema og presentasjon av problemstilling og forskningsspørsmål.

Kapittel 2 er det teoretiske rammeverket for oppgaven der jeg presenterer og drøfter relevant forskningslitteratur på holdninger og tverrfaglig arbeid. I tillegg legger jeg frem tidligere forskning som har inspirert arbeidet i denne masteroppgaven.

Kapittel 3 er en presentasjon av designet på det tverrfaglige prosjektet. Her drøftes valgene som er tatt i forberedelsene til og selve utformingen av oppgaven presenteres.

Kapittel 4 er oppgavens metodedel. Den inneholder en beskrivelse av og diskusjon rundt metodevalg, utvalgskriterier, datainnsamling og analyse. Til sist gjør jeg noen refleksjoner rundt forskningens validitet, reliabilitet og etiske hensyn.

I Kapittel 5 presenteres resultatene og analysen på datamaterialet. Denne er inndelt i to deler da resultatene fra spørreskjemaet har blitt analysert på henholdsvis to måter. Funnene fra disse resultatene vil bidra til å belyse oppgavens problemstilling.

I Kapittel 6 diskuteres hovedfunnene for studien før jeg avslutningsvis konkluderer og besvarer problemstillingen i kapittel 7. I tillegg vil jeg forsøke å si noe om hva funnene i studien kan bety for læreres praksis i klasserommet og videre forskning.

2 Teori

I dette kapittelet presenterer jeg de teoretiske rammeverk og forskningslitteratur på holdninger, tverrfaglighet og undersøkende matematikk som senere vil bli brukt til å drøfte datainnsamling og resultater. Teorien om holdninger vil benyttes både for analyse og drøfting. De teoretiske begrepene og tidligere forskning på tverrfaglighet har i størst grad blitt benyttet for å designe den tverrfaglige oppgaven.

2.1 Definisjoner på holdninger i matematikk

Både matematikere og matematikkdidaktikere har i lang tid erfart hvordan oppfatninger, tanker om matematikk og følelser har hatt sin innvirkning på prestasjoner og atferd i faget. Forskningsområdet som undersøker denne sammenhengen mellom det kognitive (våre tankesett og oppfatninger) og det følelsesmessige aspektet kalles for *affekt* (DiMartino & Zan, 2011). Det er i dette samspillet begrepet holdninger kommer inn. Det som er fremtredende med forskningslitteraturen er likevel mangelen på en klar definisjon av begrepet (Di Martino & Zan, 2010).

Ifølge Di Martino og Zan (2010) ligger noe av problemet i at holdninger ofte er blitt definert implisitt og på bakgrunn av instrumentene som har blitt brukt for å forsøke å måle dem. Frem til tidlig 90-tallet har forskningen på holdninger blant annet vært fokusert på å forsøke å finne en kausal sammenheng mellom positive holdninger og prestasjoner i matematikk. Det kan være naturlig å tenke seg at de som har positive holdninger og er motivert i faget også lærer mer matematikk. Bildet er derimot mer sammensatt, og man kan ikke si sikkert om holdninger påvirker ferdigheter eller om ferdigheter påvirker holdninger (Bentsen, 2013; Gottfried et al., 2013; Ma & Kishor, 1997). Noe av problemet med disse undersøkelsene kan også knyttes til mangelen på en teoretisk klarhet (Di Martino & Zan, 2019, s.2).

Di Martino og Zan (2019) peker på to innfallsvinkler som er blitt mye brukt i tidligere forskning. Man kan skille mellom «enkle» definisjoner der holdninger beskrives som positive eller negative emosjoner knyttet til matematikk og mer sammensatte modeller som beskriver holdninger delt inn i tre områder (trepartit). Disse er ofte følelser, oppfatninger og atferd relatert til matematikk (Hannula, 2002; Pepin, 2011).

Et aspekt som har vært problematisk ved de ulike innfallsvinklene er hvordan man definerer og måler en *positiv* eller *negativ* holdning. I tilfellet med den den enkleste definisjonen regnes en «positiv holdning» som synonymt med «positive» emosjoner. Di Martino og Zan (2011) mener at et slikt implisitt forhold mellom holdninger og følelser kan være problematisk da det ikke tar høyde for andre oppfatninger (s. 474). Et eksempel er oppfatningen «for å bli god i matematikk må man ha talent for det». Dette trigger mest sannsynlig ulike følelser hos en person som også har oppfatningen «og jeg har talent for det» enn for en person som tenker «og jeg har ikke talent for det». Modellen har dermed høstet kritikk fra flere hold knyttet til at den er for enkel og ignorerer det kognitive elementet (oppfatninger) i holdninger (Hannula, 2002, s. 26).

Di Martino og Zan (2015) peker også på utfordringer ved den sammensatte modellen. For hvordan skal holdninger måles når begrepet består av tre ulike komponenter som alle skal undersøkes på best mulig måte. Det handler i stor grad om at det er problematisk å karakterisere en positiv og negativ dikotomi, da adjektivet «positiv» brukes for å beskrive både følelser, oppfatninger og atferd (Di Martino & Zan, 2015, 2019). I en del studier har man forsøkt å overkomme denne utfordringen ved å gå tilbake til å måle holdninger som ett enkeltresultat (summen av resultatene for hver kategori). Men dette vil være motstridende med selve definisjonen av holdninger som et sammensatt konstrukt av tre områder (Di Martino & Zan, 2019, s.3). En tredje utfordring er atferd som en dimensjon for å beskrive holdninger. Ifølge Di Martino og Zan (2019) risikerer man ofte at forskningen blir sirkulær når man observerer atferd for å måle et individs holdninger (observert atferd antyder en holdning og deretter anvendes den antatte holdningen for å måle elevens atferd). Dette henger også sammen med den omstridde antagelsen om at samme holdningen vil føre til like følelser og atferd hos alle individer (Di Martino & Zan, 2019).

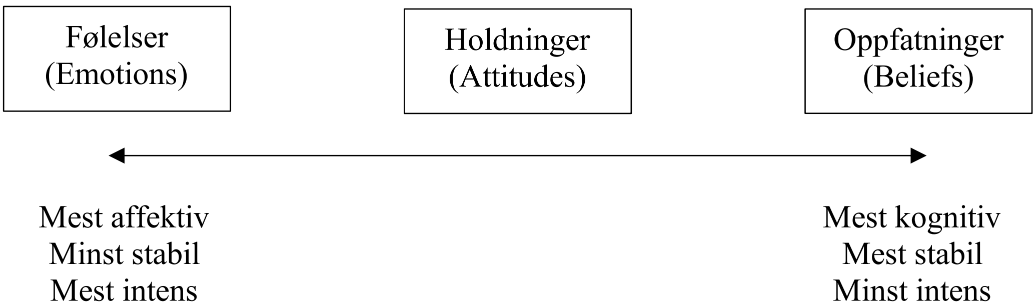
Et annet punkt ved forskningen på holdninger er at det ofte har blitt brukt kvantitative undersøkelser. Dette har blitt kritisert siden det er forskeren selv som bestemmer hvilke begrep som skal måles. Respondentene blir bedt om å uttrykke hvorvidt de er enig eller ikke i en rekke spørsmål som allerede er bestemt for dem. Det er med andre ord ikke gitt at disse spørsmålene faktisk oppleves relevant for eleven selv (Di Martino & Zan, 2015, 2019). Derfor har det i nyere forskning blitt vanligere å anvende seg av kvalitative undersøkelser, slik som essays, intervjuer og observasjon. På den måten legger man vekt på å få et innblikk i de oppfatningene og følelsene som fra før av er sentrale for elevene (Di Martino & Zan, 2015, s.65).

2.2 Holdningsmodeller i matematikk

Sammen med økt forskning på feltet og en økt bevissthet om hvilken rolle holdninger kan ha for matematikkundervisning og læring, så har utviklingen av teoretiske rammeverk og modeller vært nødvendig for å forsøke unngå mangelen på klare og aksepterte definisjoner (Di Martino & Zan, 2011, s.471; Leder, 2019). Jeg vil trekke frem to holdningsmodeller som har vært sentrale for forskningen på holdninger: McLeods (1992) teoretiske rammeverk for affekt og Di Martino og Zans (2010) tredelte modell som definerer holdninger sammensatt av følelser, syn på matematikk og oppfattet kompetanse i faget.

2.2.1 McLeods holdningsmodell

I matematikkdidaktikk kalles affekt for samspillet mellom det emosjonelle og kognitive (Di Martino & Zan, 2011, s.1). McLeod (1992) så behovet for et teoretisk rammeverk for å beskrive affekt i matematikk, og her inkluderes begrepet holdninger som en av tre kategorier. Rammeverket består av kategoriene følelser, oppfatninger og holdninger etter varierende grad av stabilitet. Følelser regnes som den minst stabile kategorien, mens oppfatninger på andre enden regnes som den mest stabile. Holdninger blir her plassert mellom oppfatninger (det kognitive) og følelser (det emosjonelle) (Hannula, 2006).

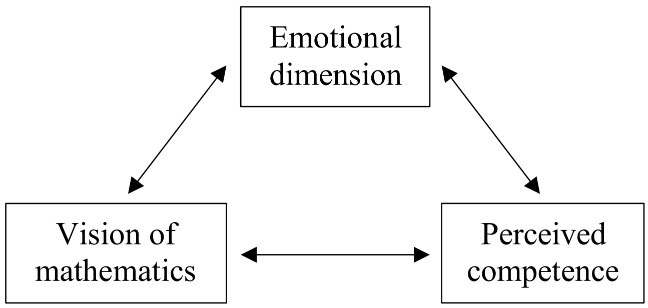


Figur 2.1: McLeods (1992) lassifisering av kategoriene som inngår i affekt. Tilsvarende kategorier på engelsk iparentes.

I matematikkdidaktikk er det en generell enighet i denne inndelingen av det affektive domenet som oppfatninger, holdninger og følelser (Di Martino & Zan, 2011, s.1; McLeod, 1992). I nyere studier på affekt har det likevel blitt et økt fokus på forholdet mellom følelser og andre variabler som f.eks. verdier, motivasjon, sosiale normer og identitet (DeBellis & Goldin, 1999; Hannula, 2014). Det er heller ikke en enighet i McLeods modell knyttet til definisjonen av de tre kategoriene (Di Martino & Zan, 2011, s.1).

2.2.2 Di Martino og Zans holdningsmodell

En av de vanligste modellene, og som jeg har valgt å benytte for studien, er utviklet av Di Martino og Zan (2011, s.4). Holdningsmodellen deres ble utviklet som følge av prosjektet «Me and Maths» der elever skulle skrive fortellinger om sin egen relasjon til matematikk. For å få en økt klarhet i definisjonen på holdninger valgte de å basere seg på hva elevene selv mente var viktig. Ved å analysere elevtekstene så de at nesten alle beskrivelsene av elevenes egne forhold til matematikk kunne knyttes til en eller flere av de tre dimensjonene: emosjonell disposisjon, syn på matematikk og oppfattet kompetanse (Di Martino & Zan, 2010). Disse dimensjonene og deres forhold til hverandre ble den tredimensjonale holdningsmodellen eller «Three dimensional Model of Affect» (TMA):



Figur 2.2: Di Martino og Zans (2010) sin tredimensjonale holdningsmodell (TMA).

Modellen kan minne om den sammensatte modellen der holdninger er inndelt i følelser, oppfatninger og atferd. Di Martino og Zan (2010) sin holdningsmodell består på samme måte av følelser, men også to andre komponenter forskjellig fra den vanlige inndelingen (syn på matematikk og oppfattet kompetanse til forskjell fra atferd og oppfatning). Hver av dimensjonene blir delt inn i dikotomier ved at de enten er positive eller negative.

- *Emosjonell disposisjon* knyttes til elevens emosjonelle ytringer til faget. Dette kan både være at de liker eller misliker matematikk, men det kan også handle om sterke følelser som hat, kjærlighet eller frykt (Di Martino & Zan, 2010, s. 37).
    - Dimensjonen deles inn i *positiv/negativ.*

- *Oppfattet kompetanse* knyttes til hvordan eleven beskriver egne prestasjoner eller uttrykker tro på egne ferdigheter. For eksempel kan en elev skrive om manglende forståelse eller dårlige karakterer og i motsatt tilfelle kan en elev skriver om at de mestrer matematikk og får gode karakterer (Di Martino & Zan, 2010, s.38).

- Dimensjonen deles inn i *høy/lav.*

- *Syn på matematikk* handler om hvordan eleven opplever faget og kommer ofte til uttrykk ut fra hva elevene mener at må til for å lykkes i faget. På ene siden kan en elev forklare at man må huske alle regler for å oppnå gode resultater (instrumentell). På andre siden kan en elev mene at man må forstå hva man skal gjøre og hvorfor, altså at de legger vekt på at man bør resonnere og se sammenhenger for å oppnå gode resultater (relasjonell) (Di Martino & Zan, 2010, s.38).
    - Dimensjonen deles inn i *instrumentell/relasjonell forståelse.*

Ved å beskrive elevers holdning til matematikk ut fra Di Martino og Zan (2010) sin holdningsmodell kan man identifisere åtte ulike profiler, der syv av dem har minst en negativ komponent. De påpeker at dette også er en forenkling av elevers holdninger, men den gir større mulighet til å nyansere begrepet «negative holdninger» (Di Martino & Zan, 2010, s. 44). De understreker også at kategoriene i modellen er i konstant påvirkning av hverandre. I analysen av matematikkhistoriene opplevde blant annet Di Martino og Zan (2009) at koblingen mellom det *emosjonelle* og *oppfattet kompetanse* var såpass tett at de ble brukt som synonymer.

2.2.3 Holdningsendringer

Et annet spennende resultat fra matematikkhistoriene til Di Martino og Zan (2009) er hvordan elevenes forhold til matematikk sjeldent blir beskrevet som stabilt. Dette tyder på at det aldri er for sent å endre elevers holdninger til matematikk. Dette støttes også av McLeod (1992) og Hannula (2002). Selv om de begge definerer eller peker på at holdninger regnes som noe relativt stabilt legges det vekt på at holdninger vil kunne skapes og endres gjennom hele livet.

I matematikkhistoriene fant Di Martino og Zan (2010) at elevenes forhold kan bevege seg fra *negativt til positiv*, *positiv til negativt*, og den vanligste er at det går litt *opp og ned* (s.42). Uavhengig av hvilken forandring som har skjedd, så kan disse endringene fortelle oss noe om hvilke faktorer som påvirker ens forhold til matematikk. I matematikkhistoriene fant de at slike endringer ofte kom av spesifikke emner og aktiviteter eller i overgangen fra en skole til en annen (som igjen kan handle om bytte av lærer, vurderingsmetoder og/eller det sosiale miljøet).

Di Martino og Zan (2010) peker videre på at kombinasjonen av negative emosjoner, relasjonell forståelse og høy oppfattet kompetanse ikke passet for en eneste av de totalt 1.496 essayene de så på. Dette tyder på at de negative følelsene i matematikk kan knyttes til enten elevens syn på matematikk eller deres oppfattede kompetanse. For å fremme positive holdninger peker forfatterne derfor på at man bør fokusere på å endre oppfatningen om hva det vil si å lykkes i matematikk. Å gå vekk tanken om at suksess i matematikk er en produksjon av korrekte og raske svar over til tankeprosesser. De mener at aktiviteter som fokuserer på matematiske prosesser, slik som problemløsning, kan være verdifulle strategier for å forebygge og overkomme negative holdninger. Di Martino og Zan (2010) mener dette kan føre til en endring både i elevers oppfatning om egen kompetanse og i den emosjonelle dimensjonen – og dermed elevens holdninger i matematikk.

Andre matematikkdidaktikere har også pekt på at det kan skje holdningsendringer over tid. Hannula (2002) refererer blant annet til en elev som han forsket på over et halvt års tid. Holdningene gikk fra å være «en blanding av positiv og negativ» til det som beskrives som en «kjærlighet for matematikk» (Hannula, 2002, s. 42). På samme tid vil man også kunne støte på elever som utvikler såpass negative «fikserte» holdninger at det nesten blir umulig å endre senere (Liljedahl & Hannula, 2016; Melo & Pinto, 2007).

2.3 Elevers holdninger til matematikk

Her kommer jeg til å presentere tidligere forskning som er gjort på elevers holdninger i matematikk som vil være relevant for oppgaven. På bakgrunn av at jeg benytter meg av Di Martino og Zans (2010) tredelte holdningsmodell, er det relevant å knytte den tidligere forskningen på holdninger til de tre dimensjonene.

2.3.1 Oppfattet kompetanse

Oppfattet kompetanse dreier seg om hvilken tro en elev har på egne prestasjoner og hvordan en vurderer sine egne ferdigheter i matematikk. Et begrep som ligger nær denne dimensjonen er teorien om *mestringsforventning*, oversatt fra *self-efficacy* (Wæge & Nosrati, 2018, s. 43). Det handler om hvilke forventninger elever har om hvorvidt de tror de kan lykkes i en matematikkoppgave, som igjen kan virke inn på hvor mye innsats, tid eller emosjonell energi de er villige til å bruke på den oppgaven (Middleton & Jansen, 2011; Wæge & Nosrati, 2018). Teorien er utviklet av Bandura (1997, 2012), og han hevder at elevers mestringsforventninger spiller inn på handlingene deres. For eksempel vil en elev med lave mestringsforventninger til en oppgave raskere senke innsatsen eller gi opp dersom de støter på problemer. Da kan de velge å unngå å gjøre oppgaven for å beskytte sin egen selvtillit. På andre siden vil elever som har høy mestringsforventning vise større utholdenhet og innsats selv om oppgavene blir vanskelige (Wæge & Nosrati, 2018, s. 43).

I forskningslitteraturen pekes det blant annet på at elevenes erfaringer, og hvorvidt de lykkes med å løse en oppgave eller ikke har innvirkning på *mestringsforventningene* (Bandura, 1997; Usher & Pajares, 2008; Wæge & Nosrati, 2018). Dersom elevene lærer mer og utvikler større forståelse, og spesielt hvis de lykkes i arbeid med utfordrende oppgaver, vil mestringsforventningene øke (Usher & Pajares, 2008; Wæge & Nosrati, 2018). På andre siden vil de synke dersom eleven opplever å mislykkes med oppgaver. Dette henger også sammen med innsats. Elever som synes en matematikkoppgave er enkel, og ikke trenger å arbeide særlig hardt, vil sannsynligvis heller ikke øke mestringsforventningene sine (Stipek, 2002; Wæge & Nosrati, 2018). Wæge og Nosrati (2018) peker også på hvordan det kan variere for ulike typer oppgaver. En elev kan ha positive mestringsforventninger med konstruksjonsoppgaver i geometri, og samtidig lave mestringsforventninger med oppgaver i algebra dersom de ikke har lykkes med det tidligere.

Selve begrepet *self-efficacy* kan knyttes til flere norske begrep eller oversettelser[1] og brukes i ulike betydninger. I PISA 2003 har man blant annet undersøkt *selvoppfatning* («self-efficacy») inndelt i to ulike typer. En knyttet til konkrete oppgavetyper. Altså handler det om hvor sikker eller tro eleven har på sine egne evner i møte med en spesifikk oppgave. Den andre er knyttet til generell selvoppfatning i matematikk. Et eksempel på spørsmål de stilte i PISA-undersøkelsen: «Hvor enig er du i følgende utsagn: *Jeg er ikke flink i matematikk* eller *Jeg lærer matematikk raskt*» (Kjærnsli et al., 2004, s. 193).

Selv om begrepet har mange sider ved seg er det blitt hevdet at begrepet best kan forstås som en fellesbetegnelse på ulike aspekter ved ens oppfatninger i forhold til seg selv (Kjærnsli et al., 2004).

[1] «Self-efficacy» kan knyttes til de norske begrepene mestringsforventning, mestringstro og selvoppfatning (Bentsen, 2013; Kjærnsli et al., 2004; Wæge & Nosrati, 2015).

2.3.2 Emosjonell disposisjon

Emosjonell disposisjon handler om hvilke følelser elevene opplever i arbeid med og knyttet til matematikk. Dette kan til en viss grad sammenlignes med *indre* og *ytre motivasjon*. Elever med indre motivasjon vil motiveres fordi de har en glede eller interesse for faget (evt. spesifikke oppgaver) i seg selv. Elever med ytre motivasjon vil i størst grad motiveres for å oppnå andre (ytre) resultater som ikke handler om selve faget eller oppgavene. Det kan dreie seg om å få gode karakterer, ros av læreren eller fordi man trenger matematikk for å komme inn på fremtidige studier (Jensen & Nortvedt, 2013; Wæge & Nosrati, 2015, s. 18–19).

Dette gjenspeiler seg i Pepins (2011) komparative studie av norske og engelske elevers holdninger i matematikk. Den bygger på Di Martino og Zans (2010) tredelte modell der man har analysert hvilke begrunnelser elever gir på påstandene «jeg liker/misliker matematikk fordi ... », «jeg mestrer/mestrer ikke matematikk fordi... » og «matematikk er...». Pepin (2011) peker på flere faktorer som virker å ha en innflytelse på elevers holdninger. En av dem er at matematikk er interessant, men vanskelig for noen. Kjedelig og frustrerende for andre. Dette illustrerer dikotomien i den *emosjonelle dimensjonen.* Noen elever synes matematikk er interessant og på den måten uttrykker de positive følelser for faget, mens den andre gruppen som synes det er kjedelig og frustrerende ytrer negative følelser knyttet til matematikk.

Kislenko (2009) peker også på at man har funnet sammenheng mellom prestasjoner og elevers *selvtillit* og *interesse* for faget (Kislenko, 2009; Marsh & Martin, 2011; Pehkonen, 2003; Schoenfeld, 1992; Thompson, 1992). I studien til Pepin (2011) var det omtrent halvparten av elevene, og spesielt de som virket å lykkes i matematikk, som snakket om faget som «utfordrende», «interessant», og «vanskelig.» Så selv om elevene synes matematikk er vanskelig, så kan de samtidig ha en tro på egne evner og lykkes i faget (Kislenko, 2009). De andre beskrev matematikk som «kjedelig», «ikke-kreativt» og «forvirrende». Kislenko (2009) fant liknende tendenser i sin studie, med norske elever på 9.trinn og første år på videregående opplæring. Omtrent halvparten beskrev matematikk som interessant mens førti prosent syntes at matematikk er kjedelig (s.156). Hun mener at en grunn for dette kan knyttes til matematikkens egenart, at det er abstrakt og består av mye symbolske representasjoner, samt at det handler om undervisningsform og elevers grad av samhandling med matematikk i timene (Kislenko, 2009; Tikly & Wolf, 2000). Slik som Nardi og Steward (2002) påpeker rapporterte elevene at matematikk var kjedelig og langtekkelig når de ikke opplevde at aktivitetene krevde at de måtte tenke eller streve. Derfor er det blant annet viktig at oppgaver ikke blir for enkle, men er utfordrende og krever noe av eleven. De peker på at elevenes oppnåelse av forståelse i matematikk er en nøkkelfaktor for å fremme trivsel og interesse for matematikk (Kislenko, 2009; Nardi & Steward, 2003).

Dette illustrerer også hvordan dimensjonene i holdninger hele tiden påvirker hverandre. En sentral faktor for at elevene skal kunne øke sine mestringsforventninger (oppfattet kompetanse) handler om at elevene får passende utfordringer og må gjøre en innsats for å forstå matematikk (Stipek, 2002; ifølge Wæge & Nosrati, 2015). På samme måte er dette et viktig aspekt for å fremme elevers interesse for matematikk (Kislenko, 2009; Nardi & Steward, 2003). Studien til Di Martino og Zan (2010) peker på det samme. De fant at det er en sammenheng mellom negative følelser («jeg misliker matematikk») og følelser som kjedsomhet og frustrasjon sammen med en lav oppfattelse av egen kompetanse.

2.3.3 Syn på matematikk

Dimensjonen *syn på matematikk* handler om hva slags kunnskap elever mener må til for å kunne lykkes i faget. Når man snakker om forståelse og syn i matematikk tas det ofte utgangspunkt i Skemp (1976) sitt skille mellom instrumentell og relasjonell forståelse i matematikk. *Instrumentell forståelse* innebærer å lære regler og formler som hjelper med å finne løsninger på oppgaver. *Relasjonell forståelse* innebærer å bygge opp begrepsmessige strukturer og se sammenhenger. Det vil si at man både skal vite hvordan en oppgave skal løses, men også hvorfor det fungerer. (Skemp, 1976; Wæge & Nosrati, 2015).

Mellin-Olsen (1981) mener på andre siden at inndelingen av en matematisk forståelse som enten instrumentell eller relasjonell ikke er tilstrekkelig. Han påstår at selv om elever kan ha relasjonell forståelse for et begrep, så tenker de at det kun er nyttig i skolen og ikke har anvendelse i andre kontekster. Med andre ord argumenterer han for at «god forståelse» eller relasjonell forståelse også bør handle om at elevene forstår matematikk som noe *nyttig* utenfor skolesettingen.

Mellin-Olsen (1981) hevder at man også bør ta hensyn til hvilke *motiver* som ligger bak læring. Dette deler han inn i *I-rasjonale* og *S-rasjonale*. I-rasjonale handler om at elevene jobber med matematikk fordi de tror det vil være bra for dem i fremtiden, f.eks. med tanke på jobb. At man ikke nødvendigvis viser noen interesse for innholdet, men at man drives av å få lærerens ros og stadig gode karakterer. Forfatteren mener det er denne typen rasjonale som skaper instrumentell læring. S-rasjonale er derimot drivkraften for å lære fordi det oppleves meningsfylt for dem. Dette peker han også på at formes ut fra hva man erfarer som viktig kunnskap ut fra sine omgivelser og sosiale miljø. Dette kan også knyttes til *indre* (relasjonell) og *ytre* (instrumentell) motivasjon for læring, og illustrerer nok en gang kompleksiteten ved holdningsmodellen og hvordan dimensjonene er i konstant påvirkning på hverandre.

Pepins (2011) studie peker på at de fleste elever har en oppfatning om at matematikk er viktig og nyttig for jobb og «senere i livet» i en fjernere fremtid. Dette støttes også av Kislenkos (2009) funn der 81 prosent mente de ville få bruk for matematikk senere i livet og 91 prosent mente at matematikk er nyttig. Studien var i hovedsak kvantitativ, men i noen åpne spørsmål i spørreskjemaet kunne man se at elever knytter nytteverdien både til praktiske og personlige aspekter. Elevene rapporterte at matematikk «hjelper i dagliglivet», «er nyttig i jobbsammenheng» og «utvikler logisk tenking» (s. 157). *Nytteverdien* er på denne måten en viktig motivasjonsfaktor for norske elever (Jensen & Nortvedt, 2013, s. 103).

2.3.4 Holdninger og undervisningspraksis

Måten matematikk blir presentert i klasserommet, aktivitetene man gjør og lærerens undervisningspraksis er også sentrale påvirkningsfaktorer på elevenes holdninger (Kislenko, 2009; Pepin, 2011). Et annet av de sentrale temaene som kom frem i Pepins (2011) studie var at elevene rapporterte om repetitiv matematikk i klasserommet. Norske elever uttrykker blant annet at matematikk er et veldig teoretisk fag, at temaene bygger på hverandre og det blir gjort lite praktisk arbeid. Disse elevene etterlyste et ønske om å jobbe «annerledes», som f.eks. med åpne spørsmål og problemløsning, for å kunne utvikle bedre forståelse. Dette er trekk ved undervisningen som flere i forskningsmiljøet mener skal bidra til å fremme positive holdninger; problemløsning, modelleringsoppgaver, samarbeid og et økt fokus på selvregulering og selvoppfatning (mestringsforventning) (Liljedahl & Hannula, 2016, s. 428; Zawojewski & Lesh, 2007). Kislenko (2009) fant også at elever ønsker mer relevans, engasjement, variasjon og utfordringer i de matematiske aktivitetene i klasserommet (s.159). Hun understreker at dette heller ikke trenger å bety at man ikke kan bruke læreboka eller andre «rutinemessige» oppgaver i det hele tatt, men at problemet ligger i den «fantasiløse» bruken av disse (Kislenko, 2009; Nardi & Steward, 2003).

Mellin-Olsen (1981) argumenterer blant annet for at bruken av prosjektarbeider vil gi elever viktige matematiske erfaringer til forskjell fra å bruke små praktiske problemer for å belyse et teoretisk resultat. Han argumenterer for at prosjektarbeid kan bidra til at elevene får oppleve matematikk i en kontekst der det fungerer som et nyttig «arbeidsverktøy» de selv kan bruke. I tillegg vektlegges det at prosjektene bør bli realisert i et felt utenfor matematikk og at integrasjonen av matematikk med andre fag derfor er åpenbar (Mellin-Olsen, 1981, s.363). I begge prosjektene, som er eksempler i artikkelen, hevdes det at elevene får erfare matematikk som «del av seg selv» og noe som tilhører dem og sin egen livssituasjon (Mellin-Olsen, 1981).

2.4 Tverrfaglig arbeid i matematikk

Helt enkelt kan man si at en tverrfaglig tilnærming handler om å opprette koblinger mellom ulike skolefag og eventuelt til livet utenfor skolen (Drake & Burns, 2004; Roth, 2014). Men på samme måte som for holdninger kan tverrfaglighet i matematikk oppleves som et bredt og uklart begrep (Doig & Willams, 2019, s. 301). Foreløpig finnes det ingen generell definisjon for hva et tverrfaglig arbeid med matematikk bør innebære (Doig & Willams, 2019). I tillegg er det etablert få nyanser om tverrfaglig undervisning generelt i det norske utdanningsfeltet (Bolstad, 2020).

I den norske læreplanen har tverrfaglighet blitt et sentralt fokus for å forberede elevene på fremtidens utfordringer, men det varierer hvilke begrep som anvendes og hvordan de defineres (eller mangelen på det). Ludvigsen-utvalget gir blant annet ingen klar definisjon av hva tverrfaglig kompetanse er. De bruker isteden begrepet flerfaglighet og fagovergripende kompetanser (NOU 2015: 8). Fagovergripende kompetanser har vært en del av tidligere læreplaner, og i LK20 finner vi dem som grunnleggende ferdigheter (å kunne uttrykke seg muntlig og skriftlig, å kunne regne o.l.) (Kunnskapsdepartementet, 2020c, s. 10). Utvalget påpeker at man ikke kan forstå de fagovergripende kompetansene som tverrfaglighet. Når de omtaler arbeid med problemstillinger eller temaer som krever kompetanse fra ulike fag brukes begrepet *flerfaglighet*.

Utredningen fremmer et forslag om tre «flerfaglige temaer» som skal være viktig for fremtidens skole. I LK20 er disse formulert som tre *tverrfaglige* temaer: folkehelse og livsmestring, demokrati og medborgerskap, og bærekraftig utvikling (Kunnskapsdepartementet, 2020c, s. 11). De tverrfaglige temaene skal bidra til at elever skal oppnå forståelse og se sammenhenger på tvers av fag, men mål for hva elevene skal lære innenfor temaene uttrykkes i kompetansemålene for de ulike fagene. Det gis ingen ytterligere definisjon for hva et samarbeid skal inneholde. Altså er det opp til hver enkelt lærer, og matematikklærer, å trekke inn tverrfaglige temaer i undervisningen.

2.4.1 Ulike grader av tverrfaglighet

Det som kan være nyttig er å definere ulike former for tverrfaglighet. Det brukes ulike begrep for tverrfaglighet og internasjonale utdanningsforskere omtaler ofte ulike *grader* av tverrfaglig arbeid (Bolstad, 2020; Drake & Burns, 2004; Mathison & Freeman, 1998; Moss et al., 2008). Den enkleste formen kan kalles fagkobling (*intra*disciplinary). Det kjennetegnes som tverrfaglighet etablert innenfor et skolefag, og kan f.eks. innebære at lærerne hjelper elever å se sammenhenger mellom fagemner innenfor sitt fag (Bolstad, 2020; Gillis et al., 2017). Det kan for eksempel være å bruke lesing, skriving og muntlige ferdigheter i norskundervisning (Drake & Burns, 2004). Bolstad (2020) peker også på at det *kan* innebære å trekke inn metoder eller faginnhold fra andre fag for å forklare noe i sitt eget fag. Men dette er en enkel tverrfaglighet, da det ikke foregår noe samarbeid mellom fagene eller lærerne i de ulike skolefagene.

Flerfaglighet handler om å arbeide innenfor samme tema i flere fagdisipliner på samme tid (Nicolescu, 2005). Elevene lærer om temaet innenfor fagene sin egen disiplin, og det foregår ikke noe samarbeid på tvers av fagene. Tanken er likevel at ens forståelse for temaet blir dypere da man undersøker samme tematikken fra ulike perspektiv på samme tid. Nicolescu (2005) peker for eksempel på at man kan studere et maleri med utgangspunkt i kunsthistorie, men også ut fra historie om religioner, europeisk historie eller geometri. Temaet vil bli belyst og «beriket» ved å inkludere ulike perspektiv fra flere fagområder.

Williams og Roth (2019) omtaler og skiller i hovedsak mellom «interdisciplinary» og «transdisciplinary» som begge kalles tverrfaglighet. Jeg har valgt å oversette dem til *interdisiplinær* og *transdisiplinær*[2]. Ifølge deres definisjon regnes interdisiplinær matematikk som alt samarbeid mellom matematikk og andre kunnskapsområder i arbeid med problemløsning og utforsking (s.14). Dette er en inkluderende definisjon for tverrfaglighet, da det kan innebære en rekke ulike former for samarbeid mellom fagfelt. Forskjellen fra interdisiplinær undervisning og de to første kategoriene er at metoder og kunnskap overføres mellom fag (fra en disiplin til en annen). Dette kan også i noen tilfeller føre til ny og delt kunnskap i begge felt (Gillis et al., 2017; Nicolescu, 2005).

[2] «Interdisciplinary» og «trandsdisciplinary» oversettes begge til tverrfaglighet på norsk. Derfor benytter jeg meg av samme distinksjonen som anvendes i internasjonal forskningslitteratur ved å bruke interdisiplinær og transdisiplinær.

Transdisiplinaritet kjennetegner også et samarbeid mellom flere fagfelt, men det som står i fokus er selve problemet som skal løses (Williams & Roth, 2019). Begrepet blir også mye brukt for å beskrive en form for tverrfaglig forskning. Stember (1991) definerer det som en enhet av intellektuelle rammeverk som går utover disiplinene. Det kan forstås som en kombinasjon av to eller flere disipliner for å oppdage noe nytt i et annet felt, eller til og med for å skape en ny disiplin. Et eksempel er bioinformatikk.[3] Hvordan denne forståelsen av transdisiplinaritet overføres til definisjonen for transdisiplinær *undervisning* fremstår fortsatt ikke helt klart for meg, men Mathison og Freeman (1998) peker blant annet på et skille knyttet til mål for undervisningssituasjonen.

De beskriver interdisiplinær undervisning ved at det tas utgangspunkt i faglige mål (kompetansemål) innenfor de enkelte fagene, mens transdisiplinær undervisning har fokus på overordnede tema (problemstilling/samfunnsproblem/utfordring) som kan omfatte flere skolefag. I transdisiplinære prosjekt samarbeider skolefagene på den måten i en større enhet, og dermed «reduseres» også fagene til å skulle bidra med verktøyene som trengs for å løse et problem (Williams & Roth, 2019).

Ifølge Williams og Roth (2019) kan en utfordring ved tverrfaglige prosjekt være at selve fagene og fagets egenart risikerer å forsvinne (s. 14). Matematikk har spesielt hatt en tendens til å forsvinne og bli redusert til verktøy for naturvitenskap og teknologi i det som kalles STEM – prosjekter (Science, Technology, Engineering and Mathematics). En definisjon de presenterer i den sammenheng er *metadisiplinaritet* («meta-disciplinarity») (Williams & Roth, 2019). Det fokuserer på at man skal være bevisst på hvilke fag som er involvert i et tverrfaglig prosjekt. Forfatterne mener at dette vil være relevant for å sette fagenes egenart på agendaen, og gjøre elevene i stand til å gjenkjenne hvorvidt matematikk er relevant (eller ikke) for en spesifikk oppgave eller situasjon. Det er et poeng at dette har blitt lite forsket på, men forfatterne peker på muligheten for at et slikt fokus kan gjøre oppmerksom på hvilken rolle matematikk spiller, og hvor det har en anvendelse (Williams & Roth, 2019).

De ulike definisjonene som er trukket frem illustrerer hvordan et tverrfaglig arbeid kan gjøres på ulike måter. Det er ikke gitt at en form for tverrfaglighet er bedre enn en annen, og hvilke former for tverrfaglighet man bør bruke vil være avhengig av kontekst, læringsmål med mer

[3] Bioinformatikk er et fagfelt som bruker informatikk for å behandle biologisk informasjon (Borlaug & Hovet, 2020).

(Bolstad, 2020). På samme tid vil jeg, slik som Doig og Williams (2019) avslutter sin artikkel, etterlyse behovet for en definisjon som både inkluderer bredden i feltet og beskriver hvordan matematikk som fag best mulig skal kunne inkluderes i tverrfaglige prosjekter.

2.4.2 Mål for tverrfaglig arbeid

En av utfordringene for tverrfaglighet er at samarbeid mellom ulike fag krever et samlet mål for prosjektet. De ulike fagene som undervises på skolen har blitt spesialiserte på hver sine områder, og derfor utviklet egne mål for opplæringen (Roth, 2014). Spesielt for matematikk er målene for opplæringen stort sett veldig annerledes fra andre fag. Dette kan være en grunn til at matematikk i tverrfaglige prosjekt på videregående skole ofte har blitt brukt som et verktøy for å «tjene» andre fag (f.eks. biologi, kjemi og fysikk) (Roth, 2014). Dette er selvsagt en tendens som ikke kun gjelder for matematikk. Alle fag har en fare for å forsvinne i tverrfaglige prosjekt dersom man ikke aktivt jobber for at fagene skal være representert og relevant for prosjektet (Doig & Willams, 2019, s.300).

Men det er her behovet melder seg for å finne felles mål for tverrfaglige prosjekter. Roth (2014) peker på at man trenger å utvikle *nye* mål og motiv for tverrfaglige samarbeid, som inkluderer kjernen av begge eller alle fag. Ut fra et slikt perspektiv kan man si at et tverrfaglig arbeid handler om å komme frem til et *felles mål* (produkt). Som Williams og Roth (2019) poengterer vil man måtte innstille seg på at disse målene ofte vil være forskjellig fra de man finner i de enkelte fagene (s.25).

2.4.3 Undersøkende matematikk

Et fellestrekk ved mye tverrfaglig matematikk er den utforskende tilnærmingen til undervisningen, som i forskningslitteraturen kalles for *undersøkende matematikk* (inquiry-based mathematics education) (Dorier & Maass, 2020; Roth, 2014; Wæge & Nosrati, 2015). En slik tilnærming til undervisningen bygger på læringsteorier om elevdeltakelse og læring i sosialt samspill, og kjennetegnes ved undervisning som skal legge opp til utforsking, kreativitet, nysgjerrighet og samarbeid (Wæge, 2007). Dorier og Maass (2020) definerer det også som elevsentrert undervisning og legger vekt på at det bør gi rom for elevene å erfare å arbeide som matematikere og forskere. Det vil si at elevene spør spørsmål, ser etter matematiske og naturfaglige måter å besvare disse på, samt å tolke og evaluere løsningene sine for å kommunisere og diskutere dem med andre (Dorier & Maass, 2020, s.384). Lærerens rolle skifter fra å styre undervisningen til å støtte elever i egne undersøkelser, hjelpe dem med å finne sammenhenger og relatere kunnskapen til læringsmål for timen (Dorier & Maass, 2020, s.384-385; Wæge & Nosrati, 2015).

2.4.3.1 Tverrfaglig, undersøkende matematikk og holdninger

Det kan trekkes flere linjer mellom undersøkende matematikk og den praksisen det fagdidaktiske forskningsmiljøet mener kan bidra til å fremme positive holdninger hos elever (Kislenko, 2009; Mellin-Olsen, 1981; Nardi & Steward, 2003; Pepin, 2011). Et eksempel er Østergaards (2018) artikkel fra boken "Mathematics as a Bridge Between Disciplines". Det er en samling forskningsartikler knyttet til bidrag fra konferansen MACAS: *Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences* (Michelsen et al., 2018). Østergaard (2018) argumenterer i sin artikkel for et økt fokus på å utvikle elevers oppfatninger i matematikk, og spesielt på matematikk som *disiplin*. Hun mener at det vil kunne bidra til å fremme elevers forståelse av rollen og bruken av matematikk i verden i tillegg til at det understreker de tverrfaglige mulighetene med matematikk.

Dette løftes frem som en motvekt til at mange elever og folk generelt ser på matematikk i størst grad som verktøy for å gjøre utregninger, eller som et sett med regler (Boaler, 2016). Østergaard (2018) mener at et slikt fokus på å finne det riktige resultatet øker sannsynligheten for at man ikke ser sammenhenger mellom matematikk og den virkelige verden. Det vil med andre ord påvirke ens oppfatning om relevansen til matematikk, der faget fremstår irrelevant for det daglige livet og isolert fra andre fag (Østergaard, 2018, s. 221). Dette knyttes også til å ha et lavt selvbilde i matematikk, i tillegg til negative holdninger (Grigutsch, 1998; Østergaard, 2018).

Dersom man istedenfor fokuserer på matematikk som disiplin, å knytte det til andre fag og til den virkelige verden mener Østergaard (2018) at det vil bidra til et skifte i hvordan elevene ser på matematikk. Noe som også står i stil med Mellin-Olsens (1981) definisjon av relasjonell forståelse og Di Martino og Zans (2010) holdningsmodell. At et relasjonelt syn på matematikk også bør handle om at elever oppfatter og opplever matematikk som relevant og nyttig utenfor skolen, som sannsynligvis kan bidra til å fremme positive holdninger.

2.5 Matematikk og kunst

Et eksempel på matematikk i tverrfaglighet er det som internasjonalt kalles STEM-education (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Da matematikkfaget allerede er en del av realfagene, er det naturlig å arbeide tverrfaglig mellom disse. Williams et al. (2016) peker imidlertid på at tverrfaglig matematikk også kan og bør kunne gå på tvers av andre fagområder. Det kan innebære å krysse tradisjonelle fagområder, som f.eks. ved STE(A)M, der kunstfag (Art) innlemmes med realfagene i STEM.

I boka «Promoting Language and STEAM as Human Rights in Education» (Babaci-Wilhite, 2019) argumenteres det for at STEAM vil kunne spille en viktig rolle i å skape interessante koblinger og inkludere kreativitet i utdanningen. Flere av kapitlene i boka fokuserer spesielt på sammenhenger mellom matematikk og kunst. Kobayashi (2019) drar blant annet linjer til at matematikk i seg selv kan ses på som en kunst. Han tar inspirasjon fra Hardy (1940) som sammenligner en matematikers mønstre med de til en maler og poet:

> *A mathematician's patterns, like those of the painter's or the poet's must be beautiful, the ideas, like the colors or the words, must fit together in a harmonious way. There is no permanent place in the world for ugly mathematics (Hardy, 1940).*

I samme bok diskuterer Johnson (2019) synkroniteten mellom kunst og matematikk. Han peker blant annet på hvordan mønster i tepper, dekorative design i arkitektur og skulpturer i mange tilfeller tar utgangspunkt i matematiske prinsipp. Mønstre er en logisk krysning mellom matematikk og kunst, og fra et didaktisk perspektiv peker Wæge og Nosrati (2015) på at elever bør være «mønstersniffere». Dette er sett i sammenheng med hvordan man kan fremme relasjonell forståelse hos elever, og at det blant annet bør innebære å fremme en glede hos elever ved å forsøke å finne skjulte mønstre.

Johnson (2019) peker også på hvordan matematikk «beskriver vår verden», men at det oftest må fungere i sammenheng med andre medium. For eksempel er likninger og matematiske teorem relatert til noe visuelt, slik som lengde ganger bredde er areal, eller at $y = ax + b$ refererer til en rett linje. De er visuelle konsept. Dette kan også kobles til Wæge og Nosrati (2015, 2018) som mener man kan bruke visuelle representasjoner i matematikkundervisning. De skriver:

> *Elevene kan utvikle relasjonell forståelse i matematikk ved å diskutere sammenhenger mellom ulike typer representasjoner – eksempelvis visuelle og symbolske representasjoner - som kan illustrere underliggende strukturer og essensielle egenskaper ved matematiske ideer* (NCTM, 2014; Wæge & Nosrati, 2018, s.99).

I denne sammenheng bør det også trekkes frem at det ofte tas utgangspunkt i konkrete objekt i undersøkende matematikkundervisning (Moyer, 2001; Wæge & Nosrati, 2015). Bruk av «konkreter» kan både visuelt og fysisk brukes for å representere abstrakte matematiske ideer, og har blitt anbefalt i forskningslitteraturen (Raphael & Wahlstrom, 1989; Sowell, 1989). For at bruken av konkretene faktisk skal ha en positiv effekt på elevenes matematiske forståelse krever det at de reflekterer over bruken av objektet (Moyer, 2001).

Et annet interessant poeng fra Johnson (2019) er at noen kunstnere bruker matematikk for å finne mønster eller struktur i egne verk. Og på samme måte som en matematiker eller forsker prøver og feiler, må en artist også utforske sine konsept. Det kan handle om å mikse forskjellige farger, glasurer, teksturer eller materialer. Altså kan man trekke sammenhenger også mellom kunst og undersøkende vitenskapelige metoder (Johnson, 2019, s.190-191).

Konklusjonen til Johnson (2019) er at kunst kan bli brukt som verktøy for å forstå abstrakte matematiske prinsipp og *geometri.* Brown (2002) og Bruter (2002) peker også på at den mest naturlige koblingen for kunst og matematikk er form og struktur, slik som i geometri. Det er et tema begge fagene deler og der kunst har potensiale til å «hjelpe eller bidra» inn i matematikkundervisning. Det gjenspeiler seg i at flere tverrfaglige arbeid med matematikk og kunst og håndverk ofte fokuserer på geometri (Brown, 2002; Rønning, 2004).

2.6 Matematikk og kunst i tverrfaglige prosjekt

Det finnes en rekke eksempel på tverrfaglige prosjekter i samarbeidet med matematikk og ulike kunstformer. Denne kombinasjonen er vanligst i matematikk og kunst og håndverk på barneskolen, der sammenhengene er flere og kanskje mer åpenbare. Jeg vil her peke på prosjekter fra ungdomsskole, videregående og universitets- og høyskolenivå som har vært inspirerende for denne studien.

Et eksempel er Espedal (2013) sin master «Et tverrfaglig møte mellom kunst og håndverk og matematikk» med størst fokus på kunst og håndverk. Hun peker på at det er en verdi i å arbeide med utfordringer på tvers av fag, og at estetiske og tekniske fag kan komplettere hverandre. I teorien peker hun på et annet tverrfaglig prosjekt fra en 9.klasse ved Løkåsen skole. Prosjektet «Rub-el-Hizb» var et samarbeid med fagene kunst og håndverk, RLE og matematikk, med utgangspunkt i geometrisk islamsk kunst. Matematikklærerne underviste i geometri og mangekanter i forkant av at elevene skulle bruke det i kunst og håndverkstimene. En sentral erfaring fra dette prosjektet var at elever forklarte etter mattetentamen at denne gangen hadde de greid geometrioppgavene takket være jobben med islamsk kunst (Cleaverley, 2012; sitert i Espedal, 2013). Dette illustrerer verdien av et tverrfaglig samarbeid, der kunnskap fra ett fag hjelper elever med å løse problemer i et annet fag.

Et annet eksempel er Ernest og Nemirovsky (2016) som integrerer kunst i et matematikk-kurs med geometri på universitetsnivå. Deres studie illustrerer at tverrfaglig arbeid med matematikk og kunst kan bidra til endrede holdninger til kunst og matematikk. Elevene som ikke identifiserte seg selv som kunstnere på forhånd av prosjektet kunne nå se på seg selv som «en som kan drive med kunst» (Ernest & Nemirovsky, 2016, s. 366). Elever som derimot identifiserte seg som kunstnere før prosjektet oppdaget flere matematiske aspekter ved kunst gjennom prosjektet, og ønsket å inkludere dette mer i fremtidige kunstverk. Ernest og Nemirovsky (2016) mener dette peker på potensialet kunst har til å bryte ned barrierer som hindrer personlig vekst som artist i tillegg til at det kan gi elever selvtillit til å utforske kunst som integrerer deres matematiske kunnskap og ferdigheter. Forfatterne konkluderer med at matematikkinspirerte kunst-prosjekter også har potensiale til å bryte ned oppfatningen enkelte elever har om at matematikk ikke er et kreativt fag.

«Å visualisere matematikk» er et annet prosjekt jeg har latt meg inspirere av. Her skulle Vg1-elever på studieretningen Kunst Design og Arkitektur arbeide «utforskende, kreativt og praktisk med problemløsning, kritisk tenkning og vurdering i fagene design og arkitektur og matematikk» (Nasjonalt senter for kunst og kultur i opplæringen, 2020). Oppdraget var å la seg inspirere av et matematisk teorem, tema eller fenomen for å lage et design, med vekt på å ta utgangspunkt i noe som fascinerte dem. Hele prosjektet resulterte i at ulike elevarbeider ble brukt i en interaktiv utstilling på et vitensenter. I begynnelsen av prosjektet fikk elevene møte en matematiker som skulle presentere ulike matematiske teorem og fenomen for å fascinere og inspirere elevene. Noe av innholdet var gjenkjennelig, mens andre emner og teorier var helt nye. Elevene fikk også teste ut matematiske installasjoner og byggesett. Læreren for prosjektet forklarer at måten oppgaven startet på gjorde at flere elever, som i utgangspunktet ikke er så glade i matematikk, klarte å se faget på en mer lystbetont måte:

> *Noen har virkelig motstand mot faget, og tenker gjerne at de aldri vil oppleve glede og mestring i matematikk. Gjennom å tilnærme seg matematikk på denne måten, kan alle finne noe de syntes er spennende. Fokus blir ikke hvor mye riktig man får på en prøve, men på hva den enkelte elev finner glede og inspirasjon i* (Espedal; Nasjonalt senter for kunst og kultur i opplæringen, 2020).

3 Design av tverrfaglig prosjekt

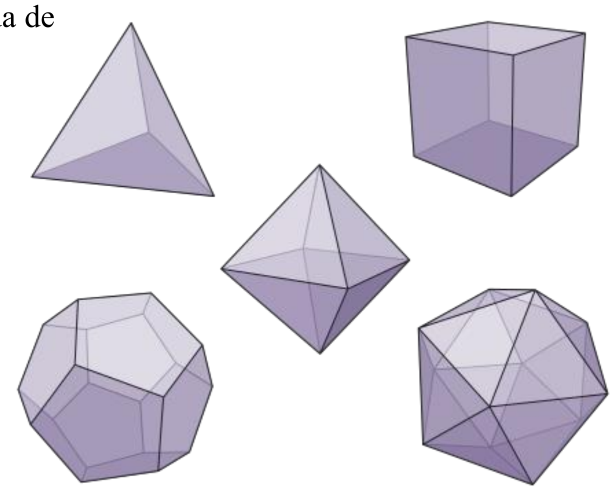
En betydelig del av forarbeidet for datainnsamlingen har handlet om å designe den tverrfaglige prosjektoppgaven med matematikk og kunstfag. Jeg vil derfor redegjøre for hvilke valg som har blitt tatt i utviklingen av prosjektet. Det innebar i størst grad å finne et tema og mål som er relevant for begge fag og for klassetrinnet på skolen jeg samarbeidet med.

3.1 Tema for prosjektoppgave

Slik som Roth (2014) påpeker i sin artikkel krever ofte tverrfaglige prosjekt at man finner nye felles mål. En fordel ved Fagfornyelsen er det nye fokuset på tverrfaglighet. De tre tverrfaglige områdene legger likevel visse føringer for hvilke fag matematikk kan integreres med eller hvilke overordnede tematikker som skal være i fokus. For å kunne integrere matematikk med kunstfag var jeg nødt til å finne et nytt *felles tema*.

I arbeidet med å finne nye tematikker fikk jeg betydelig hjelp til inspirasjon fra veileder. De aktuelle temaene ble formulert i et skriv og sendt til skoler for å høre om de var interessert i et samarbeid (se vedlegg 5). Sammen med den utvalgte skolens lærer falt valget på polyedre og platonske legemer.

Disse er interessante fra et matematisk synspunkt, da de illustrerer mønster og struktur i geometri (Bruter, 2002). De ble i tillegg mye brukt i renessansen da man utviklet perspektivtegning. De platonske legemene regnes som *perfekte* geometriske figurer. Sideflatene består av *kongruente regulære mangekanter*, som vil si at alle kantene er like lange og alle kantvinklene like store. I tillegg er det like mange sideflater som møtes i ett hjørne. I kuben møtes for eksempel tre kvadratiske sideflater i hver av de åtte hjørnene (Ranestad, 2005). De fem platonske legemene er (øverst f.v. i Figur 3.1) tetraederet, kuben, oktaederet, dodekaederet og ikosaederet.



Figur 3.1: De fem platonske legemene, 2019, av Drummyfish. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Platonic_Solids_Transparent.svg). CC0 1.0

3.2 Den tverrfaglige prosjektoppgaven

Presentasjon for matematisk inspirasjon

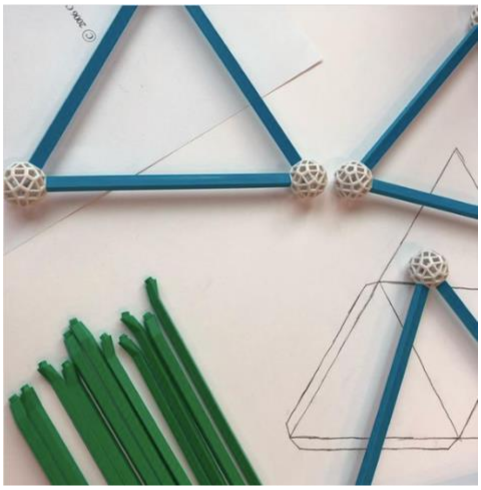
Jeg startet prosjektet ved å ha en presentasjon med mål om å inspirere elevene. En lignende form for oppbygning som prosjektet «å visualisere matematikk» som nevnt i del 2.6 (Nasjonalt senter for kunst og kultur i opplæringen, 2020). Her tok jeg utgangspunkt i den historiske utviklingen av de platonske legemene og hvordan de er til stede i visuell kunst (se PowerPoint i vedlegg 8). I tillegg gikk jeg gjennom noen sentrale definisjoner (polygon, polyedre og regulære figurer) før jeg beviste at det kun finnes fem platonske legemer. Underveis i presentasjonen fikk elevene diskutere og løse et par deloppgaver i mindre grupper. Formålet var å aktivere elevene og fostre matematiske diskusjoner. Oppgaveformuleringene lød som følger:

- Hva er: en trekant, en firkant og et kvadrat?
- Hva er mest "stabilt" av en trekant og firkant?
- Fargelegging av de platonske legemene: Hvor mange farger trenger du for at hver av flatene skal ha en egen farge, der ikke noen av naboflatene har samme farge?

Prosjektoppgaven elevene skulle jobbe med resten av uken er todelt: bygge modell av et platonsk legeme og lage en perspektivtegning med minst ett av de platonske legemene.

Prosjektoppgaven: modellbygging

For å lage modeller kunne elevene velge mellom papirmodell fra en mal (se vedlegg 4) eller et modellbyggesett: Zome Models. De to modellene er ulike i form av at papirmodellen illustrerer flatene på polyederet og modellbyggesettets struktur består av hjørnene og kantene. Modellbyggesettet består av hvite kuler (hjørner) og blå eller grønne stenger (kanter) (se Figur 3.2). En vesentlig forskjell mellom de blå og grønne stengene er at de blå er helt rette, mens de grønne har en liten vinkling på hver ende. De ulike fargene brukes for å lage forskjellige platonske legemer. Dette illustreres i tabell 3.1. En liknende tabell ble brukt i klasserommet for å illustrere hvor mange «hjørnedeler»



Figur 3.2: Bildet viser de ulike bestanddelene elevene arbeidet med i byggesettet Zome Models. Her har noen laget likesidete trekanter ved å bruke blå stenger.

(kuler) og «kantdeler» (stenger) elevene trengte for å lage de platonske legemene i Zome Models.

Tabell 3.1: Hjørner, kanter og flater for de fem platonske legemene. Illustrerer også farge som må brukes i Zome Models og antall flater for papirmodellene.

Platonsk legeme	Farge på Zome Models	Antall hjørner	Antall kanter	Antall flater
Tetraeder	Grønn	4	6	4
Oktaeder	Grønn	6	12	8
Kube	Blå	8	12	6
Dodekaeder	Blå	20	30	12
Ikosaeder	Blå	12	30	20

Prosjektoppgaven: Perspektivtegning

Den siste delen av prosjektoppgaven, som i hovedsak er relevant for kunstfag, skulle elevene lage en perspektivtegning av minst ett platonsk legeme. Dette kan knyttes til følgende kompetansemål i faget Kunst og visuelle virkemiddel 1: «*bruke ulike tegneredskaper, underlag og teknikker i arbeid med frihåndstegning*», «*bruke farge som kontrast- og stemningsskapende virkemiddel i tegning og maling*» og «*bruke farge, form, teknikker, materiale og redskaper for å oppnå det ønskede uttrykket i to- og tredimensjonale arbeid*» (Utdanningsdirektoratet, 2016).

De ble også bedt om å sette det platonske legemet i en kontekst (se vedlegg 1). Det kan for eksempel innebære at det platonske legemet tegnes inn i nye omgivelser eller skal ha en funksjon. Andre dagen av prosjektet hadde jeg en kort presentasjon for å illustrere hva det vil si å sette det platonske legemet i en kontekst samt litt om perspektiv og teknikker de kunne bruke i tegningen.

3.2.1 Prosjektoppgavens tverrfaglige grad

Prosjektoppgaven plasserer jeg et sted mellom flerfaglighet og interdisiplinær tverrfaglighet. På ene siden kan det tverrfaglige prosjektet forstås som et interdisiplinært samarbeid mellom fagene matematikk og kunstfag, da matematiske figurer blir brukt som inspirasjon til det skapende arbeidet i kunstfag. Bekrivelsen av de platonske legemenes oppbygning er blant annet tenkt å hjelpe elevene med strukturen i perspektivtegningene. På den måten fungerer det som en overføring av kunnskap mellom fag (Gillis et al., 2017; Nicolescu, 2005). På andre siden kan også det tverrfaglige arbeidet regnes som flerfaglig da de platonske legemene er en tematikk som har blitt belyst fra et matematisk og kunstfaglig perspektiv hver for seg.

Selv om prosjektet har foregått på samme tid, kan også prosjektet forstås i lys av at det matematiske i prosjektet knyttes til presentasjonen og modellbyggingen, mens det kunstfaglige i størst grad er perspektivtegningen. På den måten blir temaet belyst fra ulike perspektiv fra flere fagområder (Nicolescu, 2005).

3.3 Begrunnelse for valg av tema

Jeg vil her argumentere for at det tverrfaglige prosjektet er relevant for matematikk ut fra kjerneelementene i faget og kompetansemål for læreplanen i matematikk 1T. Målet har blant annet vært å legge opp til utforsking, at «elevene leter etter mønster, finner sammenhenger og diskuterer seg frem til en felles forståelse» (Kunnskapsdepartementet, 2020a, 2020b). De har fått arbeide med ulike representasjoner av de platonske legemene: konkrete, visuelle, verbale og symbolske. I tillegg har en stor del av prosjektet handlet om abstraksjon og generalisering, der elevene «oppdager sammenhenger og strukturer og ikke blir presentert for en ferdig løsning» (Kunnskapsdepartementet, 2020a, 2020b). I tillegg kan prosjektet knyttes til følgende kompetansemål i matematikk 1T: «lese og forstå matematiske bevis og utforske og utvikle bevis i relevante matematiske emner» (Kunnskapsdepartementet, 2020b).

På siste høring for tverrfaglige temaer i Fagfornyelsen knyttet til matematikk lyder det også:

> *Mange elever har så svake matematikkunnskaper at de vil få problemer med å fullføre videregående skole. Dette har betydning for mestring videre i livet. Fokus på relevans, kreativitet og motivasjon er derfor svært viktig i oppgaver elevene møter på skolen. (...) Mønstre, former og figurer er en del av våre omgivelser. Realfaglig forståelse er derfor viktig for den enkelte, for å forstå samfunnet vi lever i og for å mestre hverdagen.* (Utdanningsdirektoratet, 2018)

Det tverrfaglige prosjektet har tatt sikte på å være motiverende og oppfordre til kreativitet. I tillegg har designet vært planlagt med tanke på å vise og illustrere hvordan matematikk bidrar til struktur samt har anvendelse og vært til stede i kunstfag i lang tid.

Designet på prosjektoppgaven har også likheter med Østergaards (2020) anbefalinger for aktiviteter som fremmer positive oppfatninger om matematikk. Hun vektlegger at aktiviteten skal øke elevers bevissthet på (1) den historiske utviklingen av matematikk, (2) anvendelsen av et spesifikt matematisk område og (3) karakteristikker ved et matematisk problem, formulering og/eller metode (Østergaard, 2020, s. 106). Det er tatt utgangspunkt i disse tre elementene ved matematikk gjennom en kunstfaglig «linse». Det matematiske temaet er (2) geometri og anvendelsen av geometri i kunst, (1) de platonske legemenes matematiske og kunstfaglige historie og (3) hvordan man kan bevise faktumet at det kun finnes fem platonske legemer.

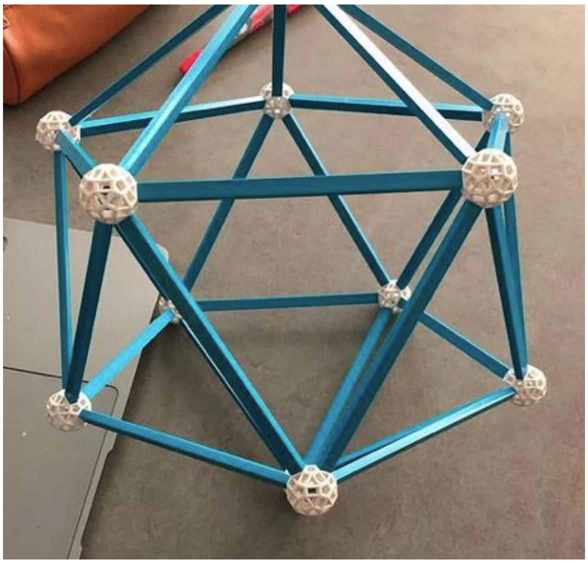
3.4 Gjennomføring

Undervisningsopplegget ble gjennomført over tre dager, i 10 skoletimer. Læreren jeg samarbeidet med er faglærer i kunstfag og derfor hadde jeg kunstfagstimene til disposisjon for prosjektet. De første to timene holdt jeg presentasjonen. Det var opprinnelig planlagt at de to klassene skulle samles i ett auditorium, men på grunn av et høyt tiltaksnivå på skolen måtte de to klassene holde seg adskilt. Presentasjonen ble isteden holdt på teams, med meg og PowerPoint på storskjerm i begge klasserommene. De to klassene fulgte med sammen med sine faglærere, og alle ble bedt om å notere underveis. For å forsøke å opprettholde en aktivitet og dialog med klassen ble det gitt avbrekk i presentasjonen der elevene jobbet i smågrupper i ca. 10 minutter. Jeg kunne se deler av klassen på skjermen, men lyden ble skrudd av under gruppediskusjonene. Jeg hadde dermed ikke mulighet til å følge elevgruppenes diskusjoner underveis. Elevene ble oppfordret til å dele hva de hadde snakket om i plenum etterpå der flere elever bidro med innspill og refleksjoner.

Ved slutten av presentasjonen presenterte jeg prosjektet for uken (se vedlegg 1), før elevene gikk i gang med å lage modeller av de platonske legemene siste to timene av dagen. Noen av elevene virket frustrert på papirmodellene. De ble printet ut i A4 papir, som var smått å arbeide med. Eller som en elev forklarte: «dette var knotete.» Derfor var det enda flere som gikk over til byggesettet. Resten av uken lagde elevene perspektivtegning av minst ett av de platonske legemene i en kontekst.

Andre dagen var det hjemmeskole for elevene, så da møttes vi på teams. Jeg holdt en ny, kort, presentasjon og var resten av timen tilgjengelig med noen andre faglærere på teams for å kunne svare på spørsmål. Siste dag hadde elevene tre timer på å gjøre ferdig perspektivtegningen for innlevering. Ved slutten av timen samlet jeg inn tegningene og bilder av figurene de hadde laget. Disse vurderte jeg som godkjent/ikke godkjent. Selv om det var et par elever jeg kunne gitt vurderingen «ikke godkjent» var det vanskelig å gi en slik vurdering til et mindretall av klassen som «gjesteforedragsholder». Jeg ble enig med faglærer at alle fikk godkjent. Dette var også av praktiske grunner da jeg ikke hadde mulighet til å følge opp elevene som ikke hadde fått godkjent.

Figur 3.3: En elev klipper ut papirmal for et dodekaeder.



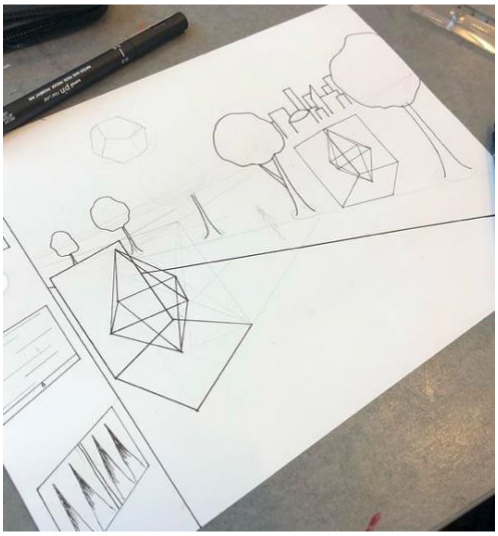
Figur 3.4: Et ikosaeder laget i Zome Models.

3.5 Forbedringer

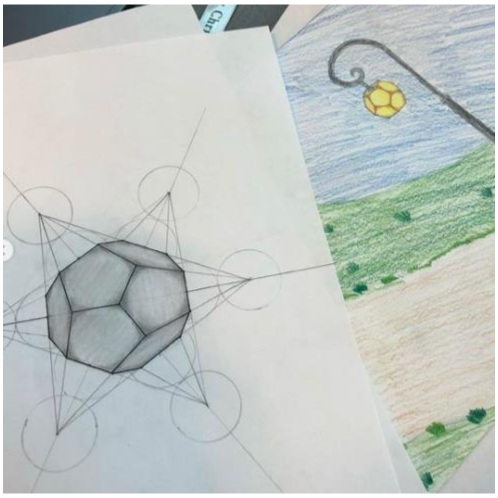
Jeg ønsker også å påpeke noen fordeler og ulemper med designet og gjennomføringen av det tverrfaglige prosjektet, samt redegjøre for noen grep som kan forbedre prosjektoppgaven. En svakhet er at det matematiske fokuset i hovedsak ble del av presentasjonen. Siden jeg fikk «låne» kunsttimene var jeg opptatt av at elevene skulle produsere et kunstfaglig design med inspirasjon fra det matematiske temaet. Hovedfokuset for dette prosjektdesignet ble at elevene fikk se matematikk som del av kunstfag, og kunne inspireres av temaet platonske legemer i en egen tegning. Det var fortsatt veldig spennende å se hvordan elevene på ulike måter tolket oppgaven og valgte å bruke de platonske legemene i tegningene sine (se noen eksempel i Figur 3.8, Figur 3.7, Figur 3.6 og Figur 3.5). Men det er med andre ord i størst grad presentasjonen som var tenkt å hente ut de matematiske diskusjonene, som dessverre ble mistet pga. den digitale løsningen. Aktiviteten med modellbygging burde også blitt fulgt opp av en samlet diskusjon med begge klassene knyttet til de platonske legemenes oppbygning og struktur (Moyer, 2001).

En siste utfordring var min egen uerfarenhet i å tegne de platonske legemene i perspektiv. Tanken var at elevene, som allerede hadde blitt undervist i ett- og topunktsperspektiv, kunne arbeide utforskende med å finne ut hvordan de platonske legemene kan tegnes i perspektiv. Dette viser seg å være en svært utfordrende aktivitet. Jeg forsøkte å illustrere hvordan man kan bruke kuben som støtte og utgangspunkt for å tegne de andre platonske legemene. En del elever valgte likevel å tegne de «enkleste» platonske legemene (tetraederet, oktaederet og kuben). Etter hvert ble elevene oppfordret til å heller forsøke å tegne de platonske legemene ved hjelp av eventuelle andre teknikker for å oppnå en 3-dimensjonal-effekt i tegningen sin. I ettertid ville jeg istedenfor gjennomført dette som et stilleben[4], der oppgaven ville vært å tegne en studie av modellen man har laget av det platonske legemet.

Figur 3.8: Elevarbeid med tre oktaedere i perspektiv.



Figur 3.8: Elevarbeid med duale oktaedere og kuber i perspektiv.



Figur 3.8: Elevarbeid. Et dodekaeder tegnet i perspektiv, og et «dodekaedergatelys».

Figur 3.8: Elevarbeid med dodekaeder som drivhus.

[4] Stilleben er en malerifremstilling av døde eller ubevegelige gjenstander, som avskårne blomster, frukt, dødt vilt, matvarer, musikkinstrumenter, husgeråd, våpen og lignende (Tschudi-Madsen, 2021).

4 Metode og forskningsdesign

En viktig del av et forskningsprosjekt er å velge en hensiktsmessig metode for å belyse problemstillingen. Like viktig er kvaliteten på forberedelse og gjennomføring av datainnsamling og analyse. I dette kapittelet presenteres hvilke valg jeg har foretatt knyttet til metode og forskningsdesign samt gjennomføring av datainnsamling for studien. Til sist vil jeg også peke på noen relevante etiske betraktninger.

4.1 Valg av kvalitativ metode

Da jeg skulle ta et valg om metode for oppgaven var det naturlig å gå for en kvalitativ studie. Jeg har vært interessert i å gå i dybden på hvordan elever responderer på en tverrfaglig oppgave. På samme måte er intensjonen med å bruke kvalitative metoder å forstå og beskrive hva mennesker gjør, og hvilken mening disse handlingene har for dem (Postholm & Jacobsen, 2018).

For å få et helhetlig bilde av hva elevene gjør i klasserommet vurderte jeg først å bruke video-observasjon som metode for datainnsamling. Fordelen er at det tillater observasjon av sekvenser om igjen og man kan gjøre nye observasjoner etter at datainnsamlingen er ferdig. Det kan også styrke troverdighet, da videoopptak er enkle å vise til veileder og medstudenter for å diskutere ulike tolkninger (såfremt de som har blitt filmet gir sitt samtykke for det) (Blikstad-Balas, 2017; Dewilde, 2019). Utfordringen er at videoobservasjon som metode er svært ressurskrevende. Det samles ofte inn mye data, noe som både er tidkrevende i datainnsamling og i analyseprosessen (Blikstad-Balas, 2017). Siden jeg ikke var helt sikker på hva jeg ville observere av elevenes handlinger, samt at prosjektarbeidet skulle være fritt og undersøkende, ville jeg sannsynligvis endt opp med mye data og lite innhold (Postholm & Jacobsen, 2011). Samtidig ville en slik observasjon vært inngripende på lærere og elever i studien og kunne på den måten vært forstyrrende for undervisningen.

I det forberedende arbeidet for masteren gikk jeg fra å ville undersøke elevenes handlinger i undervisningsopplegget til å fokusere på deres *holdninger.* Da ville video-observasjon som metode være lite hensiktsmessig. Det ville ikke kunne gi informasjon om *hvorfor* ting skjer eller forklare elevenes egne *motiver* eller *begrunnelser* (Postholm & Jacobsen, 2011). I forskning på holdninger er det brukt både kvalitative og kvantitative forskningsmetoder. Som nevnt i teorikapittelet er det blitt vanligere å anvende kvalitative undersøkelser som essay, intervju eller observasjon (Di Martino & Zan, 2010). Fortsatt gjennomføres det større kvantitative studier med holdningsskalaer som når ut til mange informanter og sørger for generaliserbar statistikk (Jensen & Nortvedt, 2013; Kleven et al., 2011). De kvalitative metodene legger større vekt på oppfatninger og følelser som oppleves relevant for elevene selv, og fanger i større grad opp kompleksiteten i holdninger. Det står i stil med å ville fokusere på hvordan en mindre gruppe elever forholder seg til et spesifikt undervisningsopplegg.

Studien kan på denne måten også karakteriseres som en case. Selv om det ikke er konsensus blant forskere om hva som utgjør en case, mener Patton (2015) at en fellesnevner i definisjonene handler om at man undersøker et «bundet system». Altså ser man på et spesifikt avgrenset case (en aktivitet, hendelse, noen få personer eller en prosess) ofte ved å bruke flere metoder som gir rike data (Creswell, 1998; Patton, 2015, s. 259).

Jeg har valgt å samle inn data ved tre kvalitative metoder, slik at virkeligheten kan belyses gjennom flere typer data, og ideelt sett utfylle hverandre (Postholm & Jacobsen, 2011). Den største mengden data, og primærdata for studien, er samlet inn ved elevers respons på åpne spørsmål i et spørreskjema. Dette fant jeg som hensiktsmessig for at dataene ikke skulle begrense seg til et fåtall elever, men at alle som deltok i undervisningsopplegget ble tatt i betraktning og gitt en mulighet til å evaluere opplegget. Det ble også gjennomført et fokusgruppeintervju for å få noe rikere data, samt at jeg observerte klassen mens det tverrfaglige prosjektet pågikk (Patton, 2015).

4.1.1 Spørreskjema

Hensikten med å bruke spørreskjema er å måle elevenes holdninger til matematikk og å kunne stille evaluerende spørsmål om det tverrfaglige prosjektet. Ideen om å bruke åpne spørsmål og formuleringen i spørreskjemaet er i stor grad inspirert av Pepins (2011) undersøkelse av norske og engelske elevers holdninger. Hun benyttet seg av et spørreskjema der elevene skulle besvare spørsmålene «Jeg liker/liker ikke matematikk fordi ...», «Jeg kan/kan ikke matematikk, fordi ...» og «Matematikk er ...» (s.545). Dette tar utgangspunkt i Di Martino og Zans (2010) teori om holdninger. På denne måten er spørsmålene tett knyttet opp mot holdningsmodellen som utgjør det teoretiske grunnlaget for studien.

De åpne spørsmålene inviterer elevene til å gi sine kommentarer, beskrive sine opplevelser og generelt fortelle sine historier (Pepin, 2011). Ofte vil respondenter ha gode forutsetninger for å svare på slike spørsmål om deres meninger, eller om hendelser de har vært involvert i

(Grønmo, 2016, s. 196). De vil også i mindre grad bli styrt av mine spørsmålsformuleringer eller svaralternativ sammenlignet med et strukturert spørreskjema (Di Martino & Zan, 2010; Grønmo, 2016; Postholm & Jacobsen, 2011). Grønmo (2016) mener at åpne spørsmål kan være en fordel dersom det er vanskelig å formulere svaralternativ som er dekkende for alle respondentene. På bakgrunn av at prosjektet er nytt ville det vært utfordrende å lage passende og dekkende faste svaralternativer. Eventuelt kunne jeg «adoptert» en holdningsskala som allerede er brukt og testet, men da hadde jeg sannsynligvis mistet de nyanserte forskjellene som kan oppstå i svarene fra de ulike respondentene.

Arbeidet med å forenkle datamengden og klassifisere datamateriale vil være omfattende. Dette er betegnende for de fleste kvalitative undersøkelser (Larsen, 2017). Men også fordi jeg benytter meg av åpne svaralternativer, som gjør det nærmest umulig å sikre at besvarelsene er avgitt på samme presisjonsnivå (Kleven et al., 2011, s. 36). En fordel med spørreskjemaet er at jeg kan basere mine funn på data som er samlet inn fra hele klassen. Det er likevel viktig å påpeke at studien ikke tar sikte på å være *statistisk generaliserbar*, da dette er et spesifikt case, kun utprøvd i én klasse (Larsen, 2017). Det er til forskjell et fokus på å få frem det *autentiske* og da kan åpne spørsmål være en effektiv metode (Silverman, 2011, s. 44).

4.1.2 Fokusgruppeintervju

Med et kvalitativt intervju ønsket jeg å få større innsikt og utdypende informasjon knyttet til hva elevene syntes om å arbeide tverrfaglig med matematikk og kunstfag. Som Dalen (2011) forklarer er det kvalitative intervjuet passende for å få større innsikt i informantenes erfaringer, tanker og følelser (s.13).

Istedenfor individuelle intervju valgte jeg å intervjue en fokusgruppe. Det er først og fremst hensiktsmessig for å kunne få frem flere synspunkter om emnet som er i fokus. Disse gruppene består som regel av seks til ti personer og kjennetegnes av en ikke-styrende intervjustil, som også kan omtales som halvstrukturert. (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 162; Postholm & Jacobsen, 2011, s. 80). I et slikt intervju har man større mulighet til å dykke ned i tematikken enn gjennom et spørreskjema. Den viktigste grunnen til dette er at man har fleksibilitet til å følge opp interessante emner som måtte dukke opp underveis (Kleven et al., 2011). En stor del av min oppgave som intervjuer ble å legge til rette for at elevene kunne ha en åpen samtale rundt det tverrfaglige opplegget med åpenhet for å kunne uttrykke personlige og motstridende synspunkter (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 162). Kvale og Brinkmann

(2009) peker på at fokusgruppeintervjuet er velegnet til eksplorative undersøkelser på et nytt område. Siden jeg ikke nødvendigvis vet hva elevene tenker om opplegget er det fint at ordvekslingen kan bringe frem flere spontane synspunkt enn dersom jeg hadde benyttet meg av individuelle intervjuer (s.162).

Samtidig som gruppesamspillet i et fokusgruppeintervju reduserer intervjuerens kontroll, så stilles det store krav (Kvale & Brinkmann, 2009). En dyktig intervjuer skal både ha gode fagkunnskaper på det intervjuet skal handle om og på menneskelig interaksjon. Man må kunne ta raske valg mellom hva det skal spørres om, hvordan spørsmålene skal stilles og legge til rette for at intervjuobjektene vil åpne seg og snakke (Kleven et al., 2011; Kvale & Brinkmann, 2009). Derfor var det spesielt viktig for meg i forkant av intervjuet å lese meg opp på teorien, og utarbeide en intervjuguide med sentrale spørsmål som kunne gi de svarene jeg ønsket fra intervjuet.

4.1.3 Deltagende observasjon

Hensikten med å bruke *deltagende observasjon* som innsamlingsmetode er å kunne delta i undervisningssituasjonen og få førstehåndserfaringer på hvordan elevene arbeider med det tverrfaglige prosjektet (Fangen, 2011). Deltagende observasjon står i kontrast til å innta en tilskuerposisjon som først og fremst handler om å observere *handlinger*. I deltagende observasjon kan jeg også delta i samtale og samhandling med elevene jeg «studerer» (Fangen, 2011, s. 38–40). Dette ble også en naturlig form for observasjon med tanke på at jeg allerede ville være deltagende i undervisningen i det tverrfaglige prosjektet.

Jeg hadde en åpen tilnærming til observasjonen, der man står mer fritt til å velge hva som skal observeres. Dette har sin styrke i at interessante hendelser ikke blir utelatt (Kleven et al., 2011; Postholm & Jacobsen, 2011). På samme tid er det uendelig mange ting som kan observeres i et klasserom. Jeg fokuserte derfor på noen spørsmål knyttet til elevenes samhandling med prosjektet. Et eksempel: Hva er det elevene bruker mye tid på og hva er det de spør om eller trenger hjelp til? Dette kunne gi meg indikasjoner på hva som var vanskelig med oppgaven.

4.2 Utvalgskriterier og rekruttering av utvalg

Studiens hensikt er å beskrive et undervisningsopplegg og holdninger i et mindre utvalg. Formen på det tverrfaglige opplegget har bidratt til å sette de fleste kriteriene for utvalget. I størst grad fordi et tverrfaglig prosjekt med kunstfag krever samarbeid med en lærer som har fagkompetanse i disse fagene. Jeg ville også at informantene skulle ha en form for kunstfaglig bakgrunn eller interesse, da dette sannsynligvis vil bety at innholdet er mer relevant for utvalget.

På grunn av praktiske hensyn og de spesifikke kriteriene har jeg gjort et *bekvemmelighetsutvalg*. Det vil si at jeg fikk tak i det utvalget som var lettest tilgjengelig for meg. For å rekruttere en klasse til studien tok jeg kontakt med ungdomsskoler der de har kunst og håndverk, eller andre kunstfaglige valgfag, og videregående skoler som tilbyr studieretningen *Kunst, Design og Arkitektur* (Utdanningsdirektoratet, 2021; vilbli.no, 2021). Gjennom bekjentskaper fikk jeg kontakt med en lærer som var positiv til studien og ønsket å samarbeide. Dermed ble lærerens klasse og den andre klassen på samme trinnet utvalget for prosjektet. Faglærerne i de to klassene har også vært til stede under det tverrfaglige prosjektet. Det kunne også vært interessant å samarbeide med matematikklærerne på skolen, men av praktiske grunner lot det seg ikke gjøre.

Utvalget er to skoleklasser på studielinjen Kunst, Design og Arkitektur på Vg1. Klassene har matematikk fellesfag på videregående skole, som vil si at utvalget består av elever som tar 1P og 1T. På tidspunktet for datainnsamlingen hadde klassen gått på videregående skole i et halvt år.

4.3 Forberedelser og gjennomføring av datainnsamling

I denne delen vil jeg legge frem de valgene jeg tok i forberedelsene og under datainnsamlingsprosessen. Uken etter gjennomføring av det tverrfaglige prosjektet svarte 50 av elevene i de to klassene på spørreskjemaet, 6 av dem deltok i fokusgruppeintervjuet.

4.3.1 Pilotering

Før gjennomføring av datainnsamlingen og prosjektet så jeg det hensiktsmessig å pilotere spørreskjemaet, intervjuet og elementer av undervisningsopplegget. Piloten ble gjennomført for å teste rekkefølge, formulering og relevans på spørsmålene i intervjuguiden og spørreskjemaet (Kleven et al., 2011, s. 36). Knyttet til undervisningsopplegget var det relevant å teste ut de taktile oppgavene og presentasjonen (PowerPoint). I piloten testet jeg intervjuguiden, spørreskjemaet og PowerPointen på to medstudenter med kunstfaglig bakgrunn. De fikk beskjed om å være kritiske. Ut fra tilbakemeldingene gjorde jeg flere endringer på spørreskjemaet. I størst grad handlet det om å endre rekkefølge og omformulere spørsmålene fra lukkede til åpne formuleringer. Jeg endret også på spørsmålsformuleringene fra Pepins (2011) undersøkelse. Istedenfor at elevene velger mellom «Jeg liker/liker ikke matematikk fordi ...» valgte jeg å stille spørsmålene «Det jeg liker best med matematikk er …» og «Det jeg liker mindre med matematikk er …». Resten av spørsmålene i spørreskjemaet er presentert i vedlegg 6.

Til sist piloterte jeg de taktile oppgavene med modellbygging av de platonske legemene. Papirmodellene som jeg brukte hadde min veileder tidligere erfaring med, og derfor valgte jeg ikke å teste disse ut. Byggesettet ble testet ut ved at jeg og et familiemedlem på ungdomsskolealder forsøkte å bygge de fem platonske legemene. Vi opplevde begge at det var greit og intuitivt å bruke, men jeg bemerket meg at de grønne pinnene i settet var de vanskeligste. På bakgrunn av at hele undervisningsopplegget ikke ble pilotert i en klasse måtte jeg også stole på egne vurderinger og med utgangspunkt i det nivået læreren mente informantene lå på.

4.3.2 Spørreskjema

En utfordring med spørreskjema er at mange lar være å fylle ut skjemaer de får tilsendt (Grønmo, 2016, s. 209; Larsen, 2017). Siden jeg var deltagende i undervisningen kunne jeg sette av tid i en time for å sikre meg at elevene svarte på spørreskjemaet. Dette ble gjort en uke etter det tverrfaglige prosjektet.

Spørreskjemaet ble gjennomført digitalt gjennom Nettskjema som tilbys av UiO for studenter og ansatte (Universitetet i Oslo, 2021). Det er en skjemaløsning som sikrer datainnsamling via nett og kan brukes for spørreskjema og påmeldinger med mer. Min opprinnelige plan var å invitere elevene til å svare på spørreskjemaet via deres skolemail. På den måten kunne jeg også gjort et hensiktsmessig utvalg til intervjuet ut fra responsen på spørreskjemaet. Med hensyn til elevenes personvernsikkerhet var det ikke riktig for skolen å dele elevenes skolemail. Alternativt kunne jeg anvendt en form for kodenøkkel slik at jeg kunne matche elevene med en klasseliste tilgjengelig for læreren (men dermed utilgjengelig for meg). På den måten kunne jeg gjort et utvalg for intervjuet uten å kjenne identiteten til respondentene utover de som hadde sagt ja til å delta på intervju. På grunn av begrenset tid, og som en følge av manglende planlegging, fikk jeg ikke ordnet en alternativ løsning. Derfor ble spørreskjemaet avlagt anonymt av alle elevene.

Det ble satt av 30 minutter til å informere om spørreskjemaet og la elevene fylle det ut. Jeg fikk hjelp av faglærerne i klassene til å dele ut skrivet med informasjon om prosjektet og samtykkeskjema (se vedlegg 2). Samtidig informerte jeg om prosjektet og hva det ville innebære for elevene å delta. Jeg brukte informasjonsskrivet som utgangspunkt for å sørge for at jeg fikk gitt all nødvendig informasjon. Jeg la også vekt på at jeg ønsket så ærlige svar som mulig. I denne sammenheng var det viktig å påpeke at spørreskjemaet var anonymt og ikke vil kunne knyttes til den enkelte som har svart.

4.3.3 Deltagende observasjon

En vesentlig utfordring med den deltagende observasjonen var begrensningen med tid til å kunne gjøre observasjonsnotater underveis. Siden jeg fungerte som lærer samtidig som jeg var forsker ble mine feltnotater i form av et refleksjonsnotat på slutten av dagen. Det vil si at mine inntrykk og observasjoner i løpet av dagen ikke ble uttrykt så presist som det kunne vært sammenlignet med om jeg noterte med en gang noe «skjedde». Derfor må også mine observasjoner vurderes i lys av at jeg ikke kunne beskrive situasjonene med direkte sitater eller kontekst forklart i detalj. Isteden har jeg lagt vekt på de elementene jeg opplevde som mest relevant fra dagen.

Istedenfor at den deltagende observasjonen har støttet det empiriske materialet og resultatene i studien, har jeg benyttet refleksjonsnotatene til å gjengi gjennomføringen av det tverrfaglige prosjektet i del 3.4.

4.3.4 Fokusgruppeintervju

Samme dag som spørreskjemaet ble besvart, gjorde jeg et gruppeintervju med seks av elevene i klassen. Jeg fikk låne et naborom til klasserommet, og de elevene som ønsket å bli med på intervjuet fikk mulighet i matpausen (de hadde 1 time matpause denne dagen). Før jeg startet lydopptaket gjentok jeg informasjonen om hva det ville innebære for elevene å være med på intervjuet samt at det var frivillig å delta. I tillegg til at de seks samtykket til deltakelse muntlig sørget jeg for at alle hadde gitt sitt skriftlige samtykke og forstod hva det innebar å være med på intervjuet.

Alle ble oppfordret til å dele sine meninger. Intervjuet baserte seg på en intervjuguide (se vedlegg 7) med spørsmål basert på temaer elevene allerede hadde reflektert over når de besvarte spørreskjemaet. Jeg stilte også noen oppfølgingsspørsmål for å forsøke å ta tak i interessante tematikker som dukket opp underveis. Noe jeg burde spurt elevene om, men som jeg glemte i løpet av intervjuet, var å avklare hvem av elevene som tok P-matte eller T-matte. Intervjuet varte i 15 minutter. Som følge av koronatiltak satt elevene med 1 meters avstand til hverandre, og varierende avstand til lydopptakeren. På enkelte deler av opptaket var det derfor vanskelig å høre hva noen elever sa.

4.3.4.1 Lydopptak

For å ta lydopptak av intervjuet benyttet jeg meg av Nettskjema-diktafon-appen. Den tillot meg å ta opp intervjuet på min egen smarttelefon. Etter intervjuet ble opptaket sendt til Nettskjema. Opptaket krypteres på telefonen og sendes inn på skjemaet. Av sikkerhetsgrunner er det ikke mulig å spille av opptakene direkte fra egen telefon (Universitetet i Oslo, 2017).

4.3.4.2 Transkripsjon

Et par dager etter intervjuet transkriberte jeg opptaket slik at det kunne brukes i analysen. Siden jeg er interessert i hva elevene tenker og det de ønsker å formidle har jeg valgt å gjengi uttalelsene på en mer sammenhengende måte enn det fremstod i opptaket. Jeg har fortsatt inkludert indikasjoner som latter, eller pauser for å unngå å miste konteksten av samtalen. Siden jeg ikke skal utføre en lingvistisk analyse så jeg det som hensiktsmessig å unngå strengt ordrette transkripsjoner (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 194–195).

4.4 Analyse

Analyse handler om å avdekke mønstre, finne mening i dataene og oppnå en forståelse av det som er studert (Larsen, 2017; Stake, 1995). For casestudier spesielt handler det om å forstå individuelle situasjoner, og det handler om å forstå casen (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 157). Responsen på spørreskjemaet utgjør primærdataene for studien, og derfor legges det størst vekt på hvordan jeg har gått frem i analysen av spørreskjemaet.

I analysen og presentasjon av data i resultatkapittelet har de empiriske dataene blitt brukt slik det fremsto i materialet. For å presentere data i oppgaven har det kun blitt gjort mindre endringer som å rette på skrivefeil. Funnene presenteres ved direkte sitat for å beholde autentisiteten og styrke troverdigheten i de tolkninger og analyser som er blitt gjort i oppgaven. Videre vil jeg beskrive analysearbeidet i detalj.

4.4.1 Analysestrategi

Spørreskjemaet har blitt analysert ved hjelp av kvalitativ innholdsanalyse, som handler om å klassifisere store mengder tekst i kategorier som illustrerer forskjellige meninger (Hsieh & Shannon, 2005; Larsen, 2017). I analysen har det vært viktig å komprimere, systematisere og ordne responsen for å kunne tolke det. Dette har jeg gjort ved å kode i et databehandlingsprogram kalt NVivo 12.

Stake (1995) mener at analyseprosessen av casestudier ofte er preget av kreativitet og intuitive prosesser. For å oppnå mening og forståelse vil det ofte være selve studien, forskningsspørsmålenes fokus og forskerens nysgjerrighet som avgjør analysestrategi (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 157). I denne studien er det elevenes respons på spørsmål som omhandler deres holdninger og evaluering av det tverrfaglige prosjektet som har blitt analysert. Det er derfor deres personlige meninger og oppfatninger om matematikk, kunstfag og det tverrfaglige prosjektet som er *analyseenhetene* for studien. Analysearbeidet kan deles inn i to faser. Fremgangsmåten har vært en veksling mellom det Larsen (2017) definerer som *delanalyse* og *helhetsanalyse*.

I *delanalysen* fokuserte jeg på å dele inn elevenes besvarelser i koder for hvert av spørsmålene. Dette ble første del av analysen, og fungerte som en generell kartlegging av innholdet i materialet (Lindgren, 2011). Jeg lagde et eget sett med deskriptive koder for hvert av spørsmålene. Altså koder som ligger tett opp til hva elevene hadde skrevet. Dette kalles også for *åpen* eller *induktiv* koding som kjennetegnes ved at man starter å kode og kategorisere med et åpent sinn og med utgangspunkt i de empiriske dataene (Emerson et al., 2011; Grønmo, 2016; Larsen, 2017). Disse kodene har jeg kunnet telle opp, ved å sjekke frekvensen for kodene på de ulike spørsmålene (Larsen, 2017, s. 114–116).

Andre del av analysen er en *helhetsanalyse.* Hensikten var å få et helhetsinntrykk av svarene til enkelte respondenter (Larsen, 2017). Jeg undersøkte hvordan elevene beskrev sitt syn og forhold til matematikk og sammenlignet det med hva de skrev om det tverrfaglige prosjektet. For å kode besvarelsene tok jeg utgangspunkt i dimensjonene for holdninger fra Di Martino og Zans (2010) modell. Dette er en *deduktiv* tilnærming da jeg har tatt utgangspunkt i de teoretiske begrepene for å analysere datamaterialet. Denne kodingen av elevenes helhetlige respons på spørreskjemaet har også gjort det mulig å se mønstre mellom elevene i utvalget. Elevprofilene ga opphav til seks kategorier som på ulike måter beskriver en elevs forhold til matematikk generelt og i sammenheng med prosjektet.

Måten jeg har organisert dataene mine i to ulike deler av analysen gjør at jeg kan både si noe kvalitativt og kvantitativt om innsamlet data. Både Lindgren (2011) og Larsen (2017) skriver at det beste ofte vil være å gjøre en slik blanding som gir koder og kategorier som kan tallfestes og sørge for sammenligning av helhetlige inntrykk.

Analysen av intervjuet ble gjort i et Word-dokument ved å markere tekstsegmentene som fremsto som relevant for problemstillingen. I første omgang leste jeg gjennom transkripsjonen noen ganger for å få et helhetsinntrykk av intervjuet. Jeg noterte ned enkelte tematikker og meninger som stod frem i datamaterialet som jeg mente var relevant for problemstillingen. I andre omgang fokuserte jeg på koder fra analysen i spørreskjemaet. Altså var dette i større grad en begrepsstyrt koding, der jeg fokuserte på de svarene i intervjuet som kunne bygge opp under og gi utdypende informasjon til tolkninger fra spørreskjemaet (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 209). For å unngå at mine egne forventninger skulle styre tolkningene i datamaterialet la jeg også vekt på å finne informasjon som var motstridig med mine tolkninger fra tidligere analyser. Med tanke på at fokusgruppeintervjuet ikke er prosjektets primærdata er analysen ikke blitt gjennomført like omfattende som for spørreskjemaet.

4.4.2 Koder og kategorier

På bakgrunn av at responsen på spørreskjemaet har blitt kodet for hvert av spørsmålene, har jeg endt opp med en rekke ulike koder. De mest sentrale funnene fra delanalysen blir presentert og tolket i del 5.1. I dette delkapittelet trekker jeg også frem eksempel på hvilke typiske responser som er blitt plassert i de ulike kodene. Som Kleven et al. (2011) påpeker kan forskningsrapporter ofte mangle informasjon om hvordan svar har blitt plassert også når de ligger på grensen for ulike kategorier. Spesielt når fritt formulerte svar blir kodet og kategorisert kan dette være nyttig og interessant informasjon. Dette har jeg også vært bevisst på i fremstillingen av resultatene. Så eventuelle «uteliggere» for koden blir også presentert i teksten. På grunn av omfanget koder har jeg ikke sett at det er hensiktsmessig å presentere dem i metoden, men heller i kapittelet for resultater og analyse.

En utfordring i delanalysen kan knyttes til de åpne tekstsvarene. På samme tid som dette har fremstilt elevers individuelle synspunkt og flere nyanser, er det store variasjoner i hvor mye elevene skriver eller begrunner svaret sitt. Jeg har blant annet valgt å inkludere enkelte besvarelser i flere koder. Jeg opplevde at dette i størst grad representerer variasjonen i temaene som stod frem i datamaterialet. I tillegg har jeg snevret inn antall enkeltinformanter som er inkludert i helhetsanalysen. De respondentene som ble utelatt skrev for lite i sine besvarelser (Grønmo, 2016, s. 210). Dette illustrerer på samme tid noen av svakhetene ved spørreskjemaet. Ett tekstsvar kan kode for flere koder i tillegg til at de elevene som skriver mer utfyllende på besvarelsen vil være bedre representert i mine resultater.

I helhetsanalysen har jeg kodet responsene deduktivt ut fra Di Martino og Zans (2010) holdningsmodell. Kodene tar utgangspunkt i de tre dimensjonene fra holdningsmodellen. I tabell 4.1 peker jeg på operasjonaliseringen av dimensjonene og typiske svar for de ulike dimensjonene.

Tabell 4.1: Deduktiv koding. Eksempel på sitat for kodene i Di Martino og Zan (2010) sin holdningsmodell.

Dimensjon	Dikotomi	Beskrivelse av hva den deduktive koden innebærer ifølge Di Martino og Zan (2010)	Eksempler med sitat hentet fra spørreskjema
Oppfattet kompetanse	**Lav**	Manglende forståelse eller dårlige karakterer. Liten tro på egne ferdigheter.	*«Var mye gøyere på ungdomsskolen når jeg faktisk fikk det til»*
	Høy	Mestrer matematikk, det er lett og får gode karakterer. Uttrykker tro på egne ferdigheter i faget.	*«Matten er enkel, og jeg får med meg og lærer det jeg skal.»*
Syn på matematikk	**Instrumentell**	Man må huske regler for å klare å oppnå gode resultater. Ikke nyttig utenfor skolen, drives i størst grad av karakterer og fremtidige ambisjoner (Mellin-Olsen, 1981).	*«veldig slitsomt og repeterende», «Alt for mange formler og fremgangsmåter å huske på»*
	Relasjonell	Vil vite hvordan og hvorfor man gjør noe, legger vekt på sammenhenger. Nyttig utenfor skolen, i andre sammenhenger (Mellin-Olsen, 1981).	*«Ut fra regnestykker kan man regne seg frem til logiske forklaringer innenfor hverdagen og vitenskapen. Man møter på matematikk overalt.»*
Emosjonell dimensjon	**Negativ**	Misliker matematikk, kan også knyttes til hat eller frykt. Kan også knyttes til beskrivelser av faget som kjedelig, forvirrende.	*«Matematikk er det verste som har blitt oppfunnet (...)», «dritt»*
	Positiv	Liker matematikk, kan også knyttes til sterke følelser som kjærlighet. Kan også knyttes til beskrivelser som interessant og spennende. (indre motivasjon)	*«Interessant»*

Kodene i tabell 4.1 har blitt brukt i helhetsanalysen og bidratt til å kunne dele elevene inn i 6 ulike kategorier som presenteres i detalj i del 5.2. Her har jeg gjort sammenligninger på hva slags oppfatninger elevene har i matematikk og hvordan de omtaler matematikk eller kunstfag i det tverrfaglige prosjektet. Gruppene er som følger:

- *Positiv +:* elever som gir hovedsakelig positive beskrivelser av matematikk og nå er enda mer positive.
- *Positiv:* elever som gir hovedsakelig positive beskrivelser av matematikk og som ikke skriver noe som tilsier at det har skjedd en endring.
- *Nøytral +:* elever som gir både negative og positive beskrivelser av matematikk, men som skriver at prosjektet viste interessante sammenhenger mellom fagene.
- *Negativ +:* elever som gir hovedsakelig negative beskrivelser av matematikk, men har noen positive erfaringer fra prosjektet.
- *Negativ +kunst:* elever som gir hovedsakelig negative beskrivelser av matematikk, men som har fått nye positive erfaringer i kunstfag.
- *Negativ:* elever som gir hovedsakelig negative beskrivelser av matematikk og som ikke skriver noe som tilsier at det har skjedd noen endring.

En utfordring er at jeg bruker ordene positiv og negativ for å navngi og kategorisere gruppene av elever (Di Martino & Zan, 2007). I kodingen har jeg sett på hvorvidt uttalelsene til elevene passer for de ulike dimensjonene, men det varierer hvor mye hver elev vektlegger de ulike dimensjonene. På samme måte som Di Martino og Zan (2010) oppdaget i elevenes matematikkhistorier, så vektlegger elevene ulike dimensjoner i sine beskrivelser. Det vil si at elever i samme «gruppe» ikke alltid vil ha besvarelser som er knyttet til de samme dimensjonene. Derfor har det vært hensiktsmessig å benytte seg av positiv og negativ for å beskrive elevenes disposisjoner til matematikk og det tverrfaglige opplegget. Der «positiv» vil innebære høy oppfattet kompetanse, relasjonelt syn og positive følelser, vil «negativ» tilsvare lav oppfattet kompetanse, instrumentelt syn og negative følelser. Tegnet «+» brukes for å beskrive elevenes responser knyttet til det tverrfaglige prosjektet og handler om at elevene enten har endret sitt syn, liker elementer ved prosjektet eller har lært noe nytt og relevant. Mangelen på et tegn tilsvarer på andre siden at de ikke har endret sitt syn, ikke likte elementer ved prosjektet eller ikke virker å ha lært noe.

4.5 Refleksjoner rundt studiens validitet og reliabilitet

Når vi i forskning snakker om validitet og reliabilitet i kvalitative studier handler det om forskningens kvalitet og samlede troverdighet (Postholm & Jacobsen, 2018). Videre vil jeg diskutere styrker og utfordringer ved studiens validitet og reliabilitet knyttet til valg av metode, utvalg og min forskerrolle i datainnsamling og analyse.

4.5.1 Validitet

Validitet, eller gyldighet, handler om i hvilken grad data og gjennomført forskning er relevant for det man ønsker å undersøke (Everett & Furseth, 2012, s. 135). Det handler om å vurdere hvor riktige, eller sanne, konklusjonene i studien er basert på kvaliteten av målingene i datainnsamlingen (Johnson, 2013).

Hvis for eksempel elevene som har deltatt i studien ikke kjenner seg igjen i analysen og min forståelse av casen og deres holdninger, vil det svekke gyldigheten i mine funn (Johnson, 2013). En strategi jeg kunne benyttet meg av er det som kalles «member-checking». Det handler om å la elevene ta del i og ha muligheten til å oppklare tolkningene mine av dem (Johnson, 2013). Dette kunne jeg til en viss grad gjøre underveis i intervjuet ved å stille oppfølgende spørsmål for å forsøke å oppklare usikkerheter. Det kunne også vært hensiktsmessig å gjøre med enkelte av elevbesvarelsene i spørreskjemaet, men på grunn av anonymiteten og tidsmangel lot ikke det seg gjennomføre.

En styrke ved studien er at jeg har benyttet meg av flere metoder. Dette har tillatt meg å sjekke og sammenligne informasjon og konklusjoner fra ulike perspektiv. En slik bruk av flere metoder for datainnsamling kalles *triangulering* (Johnson, 2013; Postholm & Jacobsen, 2018). Johnson (2013) peker på at det ideelle utfallet av en *triangulering* er at de ulike metodene peker mot samme konklusjon. På andre siden, hvis dette ikke er tilfellet, vil det fortsatt kunne avdekke interessant og nyttig informasjon. Opplysninger fra flere kilder vil også gjøre forskeren mindre sårbar for skjevheter som oppstår ved bruk av en kilde. Dette kan bidra til å øke både påliteligheten og gyldigheten i studien (Postholm & Jacobsen, 2018).

Et område som kan svekke validiteten i studien er min egen uerfarenhet som forsker. Selv om jeg har benyttet meg av flere kilder, krever det at jeg gjennomfører forskningen på en god måte. Min mangel på erfaring med forskning, og de spesifikke metodene som jeg har benyttet meg av, kan ha påvirket funnene i min studie (Patton, 1999). For å minske denne utfordringen har planlegging i forkant og underveis i datainnsamlingen vært sentrale strategier. Jeg vil videre peke på konkrete utfordringer og tilsvarende valg som er tatt ved bruk av metodene spørreskjema og intervju for å bevare validitet i studien.

Validitet i intervju

Under intervjuet fulgte jeg intervjuguiden i tillegg til å stille oppfølgingsspørsmål for å sjekke om min forståelse av det som ble sagt var riktig. På den måten kan jeg ha hindret partiske og selektive fortolkninger av intervjudata (Kvale & Brinkmann, 2009). På andre siden kunne det enkelte ganger være utfordrende å ikke stille ledende spørsmål eller å besvare et spørsmål uten å snakke eller å si for mye. Begge disse faktorene kan ha bidratt til å svekke kvaliteten på intervjuet (Kvale & Brinkmann, 2009). Det er heller ikke usannsynlig at elevene har påvirket hverandre under intervjusituasjonen (Dalen, 2011). Det er lett å la seg påvirke av andre deltakere sine utsagn, og også enklere å si seg enig med andre enn å formulere en egen respons. I de tilfellene kan nyansene forsvinne. På samme tid kan et utsagn fra en deltaker bidra til at andre deltakere former nye refleksjoner som ikke ville kommet frem i et intervju med eleven alene (Dalen, 2011). Jeg erfarte at elevene som deltok i intervjuet både sa seg enig med andre, og spilte på hverandres utsagn.

En annen svakhet ved intervjuet som kan ha påvirket analysen er at jeg ikke vet om elevene tar P- eller T-matte. Det er en faktor jeg har brukt for å sammenligne ulike elevsvar i analysen fra spørreskjemaet. Dette hadde derfor vært interessant informasjon for diskusjonene senere i oppgaven for å kunne knytte elevsvarene og deres uttalelser til hvilke fag de tar. Dette ville også gjort det lettere å triangulere resultatene fra de to metodene.

Reliabilitet og validitet i spørreskjema

Datainnsamlingens validitet i denne studien avhenger først og fremst av hvor godt spørreskjemaet fungerer. Skjemaet er utformet før datainnsamlingen starter, og kan ikke endres underveis. Derfor er forberedelsene svært viktige for å best mulig sikre entydige, nøytrale og forståelige spørsmål, god layout og å unngå ledende spørsmål (Grønmo, 2016). For å styrke validiteten til spørreskjemaet har jeg pilotert skjemaet og følgelig endret på formuleringer og rekkefølge. På tross av at spørreskjemaet ble besvart av elevene en uke etter prosjektslutt, omhandlet spørsmålene en tematikk (og et undervisningsopplegg) som de allerede hadde knyttet et konkret forhold til (Grønmo, 2016). Dermed har utvalget gode forutsetninger for å svare på spørsmålene. Jeg tror også at spørsmålsformuleringene og de språklige uttrykksformene skal være passende for målgruppen. Grønmo (2016) mener dette vil styrke spørreskjemaets reliabilitet.

Et aspekt ved spørreskjemaet som svekker validiteten er at den ikke måler alle tre dimensjonene i den teoretiske holdningsmodellen hver for seg. I samtale med min tildelte rådgiver fra NSD støtte jeg på noen utfordringer knyttet til spørsmålet «Jeg kan/kan ikke matematikk». I tilbakemeldingen fra NSD ble det satt spørsmål ved hvordan dette spørsmålet kunne bidra til at elevene kunne sitte igjen med en oppfatning om at de «ikke kan» matematikk. Spørsmålet kunne potensielt ha en påvirkning på elevene som ikke er ønskelig, som i forlengelsen ville by på etiske utfordringer. Derfor valgte jeg å ikke ta med dette spørsmålet i spørreskjemaet som ble brukt i datainnsamlingen. Dette skapte på sin side et nytt problem. Jeg mangler et spørsmål som er ment å måle elevenes «oppfattet kompetanse». På samme tid har innsamlet data tillatt meg å analysere elevenes holdninger på alle tre dimensjonene på grunn av den åpne formen på besvarelsene. I ettertid ville det mest hensiktsmessige likevel være å gjøre formuleringen mer nøytral. En alternativ formulering jeg kunne brukt er: «Jeg synes matematikk er utfordrende fordi ...». Det kunne også vært aktuelt å spørre elevene om hvilken karakter de fikk i matematikk, f.eks. ved høstterminen. Dette kunne vært et valgfritt spørsmål for å ta hensyn til de som ikke ønsker å dele sine karakterer. Denne informasjonen kunne på sin side være interessant å sammenligne med besvarelsene på spørreskjemaet, og sannsynligvis bidratt til større klarhet og styrket validiteten i dimensjonen «oppfattet kompetanse».

En annen svakhet ved spørreskjemaet er at respondentenes svar ikke har samme presisjonsnivå. Dette kan svekke studiens reliabilitet (Grønmo, 2016). Som jeg allerede har påpekt skriver enkelte elever mye og utdypende, mens andre skriver lite. I tillegg har elevene gjort ulike tolkninger når de besvarer et spørsmål. Med fritt formulerte svar har jeg heller ingen mulighet til å komme med tilleggsspørsmål dersom et svar er kortere eller mer upresist enn ventet (Kleven et al., 2011, s. 36). På samme tid påpeker Kleven (2011) at det nærmest er umulig å sikre samme presisjonsnivå når man benytter seg av frie svar. Dette illustrerer også det karakteristiske ved studiens mål, å få frem nyanser i klassen og elevenes holdninger.

4.5.2 Observatøreffekt og forskerbias

En utfordring ved samfunnsvitenskapelige forskningsmetoder er at forskerens nærvær til en viss grad vil påvirke situasjonen som undersøkes (Patton, 1999; Postholm & Jacobsen, 2018). I denne studien har jeg vært deltagende i alle deler av forskningen og undervisningen. Jeg har vært ansvarlig for undervisningssituasjonen ved å fungere som gjesteforeleser og hele tiden samarbeidet tett med lærere og elever. Min tilstedeværelse har på denne måten sannsynligvis påvirket atferden til elevene, både i undervisningen og i intervjusituasjonen (Larsen, 2017). En slik påvirkning kalles henholdsvis *observatør-* og *intervjueffekten*. For å minske observatøreffekten vurderte jeg blant annet hvor mye informasjon jeg skulle gi om formålet til studien uten at tilliten med deltakerne ble svekket (Fangen, 2011). Knyttet til spørreskjemaet vurderte jeg også hvilken informasjon som var hensiktsmessig å gi for å få mest mulig autentiske svar. Jeg informerte i forkant om at jeg ønsket elevenes ærlige svar, også det negative. Dersom ikke spørreskjemaet var anonymt kunne det også i større grad styrt elevene til å svare det de tror jeg ville ønsket. Dette er en større utfordring ved gruppeintervjuet, der det kan være vanskelig å dele ærlige ytringer om prosjektet når det er jeg som har undervist. For å minske intervjueffekten tok jeg som sagt utgangspunkt i intervjuguiden. I tillegg opplevde jeg at elevene delte ærlig og reflektert, også ved de sidene av opplegget som de mente kunne vært annerledes.

En annen utfordring er det som kalles *forskerbias* (Johnson, 2013). Dette handler om at forskerens forutinntatte holdninger virker inn på forskningsprosessen ved at man vektlegger de funn man ser etter. For å forsøke å minske innvirkningen av min egen forutinntatthet under datainnsamling og analysearbeid har jeg aktivt arbeidet for å avdekke og motbevise egne antagelser (Fangen, 2011, s. 44). Dette kalles *refleksivitet* (Dalen, 2011; Fangen, 2011; Firebaugh, 2008; Johnson, 2013; Patton, 1999). Det vil si at jeg har måttet reflektere over mine egne forventninger om spesifikke funn og forsøke å eliminere disse ved å søke etter det motsatte. En slik vektlegging av motbevisende funn og teorier vil ofte gjøre det vanskelig å ignorere viktig informasjon, og dermed kunne medføre en større åpenhet for andre funn og mer pålitelige resultater. Det har også vært viktig å ha veileder som en «kritisk venn» for å sjekke reliabiliteten av koder og kategoriseringer underveis i analysen (Johnson, 2013).

For å kunne motbevise egne forventninger er det også viktig at forskeren stiller spørsmål ved egen rolle og subjektivitet i forskningsprosessen. Hvorfor og hvordan er jeg involvert i forskningen? Hva har jeg valgt vekk i forskningen og hvordan kan jeg ha påvirket dem jeg undersøker? Ikke minst, hvordan forventet jeg at det tverrfaglige undervisningsopplegget kom til å fungere? Både før datainnsamlingen og i analysen har dette vært viktige spørsmål for egen refleksjon for å avdekke konkrete førforståelser om feltet og forskningsarbeidet (Fangen, 2011; Postholm & Jacobsen, 2018).

4.5.3 Overførbarhet

Overførbarhet, eller ytre validitet, går på hvordan funn fra konteksten i en studie kan overføres til andre kontekster som ikke er studert (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 238). *Generaliserbarhet* har ikke vært et mål i seg selv. Forskningsprosjektet har likevel en intensjon om å kunne være gyldig utover den spesifikke casen. Hvis ikke hadde ikke forskningen vært relevant for noen andre enn de som har deltatt, ei heller ville studien kunne være et bidrag til forskningsfeltet.

Derfor er det viktig at jeg gjør rede for hva som gjør dette caset typisk, som blant annet er beskrevet i metoden om utvalg (se 4.2). Den største forskjellen mellom utvalget i denne studien og andre klasser på Vg1 er studieretningen. Funnene vil sannsynligvis være farget av utvalgets subjektive interesser for kunstfag, og det vil være naturlig å anta at klassen responderer annerledes på opplegget enn andre klasser på Vg1. Studien kan også sammenlignes med det Postholm og Jacobsen (2018) kaller et *eksperimentelt casestudie*. Målet har vært å se hvordan elevene evaluerer et nytt «tiltak» i form av et undervisningsopplegg. De mener at studien vil bestå av flere feilkilder på bakgrunn av at det ikke er gjort en måling før tiltaket, som igjen byr på utfordringer knyttet til overføringsverdien fra en case til en annen. Overføringsverdien kunne blitt styrket ved å gjennomføre undervisningsopplegget ved flere skoler og klasser (Postholm & Jacobsen, 2018). Det kunne vært i form av en «kontrollklasse» eller å prøve ut opplegget i andre klasser. Å samle inn data på klasser med samme eller andre studieretninger kunne begge deler gitt interessant og nyttig informasjon om tiltaket. På grunn av tidsmangel og oppgavens størrelse lot ikke det seg gjennomføre.

4.6 Forskningsetiske overveielser

Det siste jeg vil peke på ved min metode for studien er de etiske problemstillingene jeg må ta hensyn til ved innsamling og oppbevaring av data. All forskning som skal gjøres med mennesker vil ha etiske implikasjoner. Det er derfor flere forskningsetiske overveielser som bør avklares før, under og i etterkant av en studie (Everett & Furseth, 2012, s. 136).

Et av de viktigste prinsippene er kravet om informert samtykke for deltagelse (Befring, 2015; Everett & Furseth, 2012). På tidspunktet for datainnsamling var alle deltakerne til studien over 16 år og kunne selv samtykke til deltakelsen (se vedlegg 3). Dette gjorde det desto viktigere å sørge for at informasjonen som ble gitt ble presentert på en forståelig måte. Det måtte fremstå klart hva som er formålet med studien, hva det ville innebære for elevene å delta og at deltagelsen er frivillig. Det kan likevel settes spørsmålstegn ved hvorvidt deltakelsen er helt frivillig. For å få tilgang til en klasse som kunne delta i studien måtte jeg i første omgang ha kontakt med en lærer eller rektor. Med tanke på at læreren allerede hadde takket ja til å være med på prosjektet, kan dette ha gjort det vanskeligere for elevene å takke nei (Ryen, 2016). Jeg tydeliggjorde at deltakelsen var helt frivillig, og at det også er helt greit å trekke seg på et senere tidspunkt (Everett & Furseth, 2012).

Elevene ble også informert om at informasjonen de ga fra seg i spørreskjema, og eventuelt i intervju, ville bli behandlet konfidensielt (Befring, 2015; Dalen, 2011; Ryen, 2016). Jeg måtte også understreke at all data som ble samlet inn kun skulle brukes av meg og muligens min veileder, og at innholdet ville bli slettet etter at prosjektet var avsluttet. I studien var deltakerne på spørreskjemaet anonyme og jeg hadde ikke mulighet til å identifisere dem ut fra responsen (Everett & Furseth, 2012). Dersom det likevel skulle bli skrevet om ting som på en eller annen måte hadde identifisert eleven, eller kunne vært belastende for dem, ville jeg unngått å bruke dette i studien.

Før jeg kunne starte datainnsamlingen meldte jeg prosjektet inn til NSD (Norsk senter for forskningsdata) for å få tillatelse til å samle inn personopplysninger. I første omgang søkte jeg om tillatelse til å gjennomføre videoobservasjon. Når jeg skiftet metode, meldte jeg derfor endring for å kunne samle inn data på utvalget med spørreskjema og intervju (se vedlegg 3). Refleksjonsnotatene fra den deltagende observasjonen ville ikke inneholde informasjon som kunne identifisere spesifikke elever. Derfor var det ikke nødvendig å oppføre dette som egen metode for datainnsamling, men det ble fortsatt informert om at jeg kom til å observere klassene i informasjonsskrivet.

5 Resultater og analyse

I denne delen vil jeg presentere resultater fra analysen som er gjort på datamaterialet for oppgaven. I de første to delkapitlene (5.1 og 5.2) presenteres data og analyser som er gjort på spørreskjemaet. I del 5.1 presenteres resultater fra delanalysen, som vil si at fokuset er på hyppigheten av ulike svar på hvert spørsmål i spørreskjemaet. I del 5.2 er fokuset på helhetsanalysen, der analysen fokuserer på sammenhengene mellom hva elevene skriver om matematikk knyttet opp mot hvordan de har respondert på og lært i det tverrfaglige prosjektet.

I del 5.3 presenteres resultatene som har blitt brukt fra fokusgruppeintervjuet.

5.1 Generelle trender i spørreskjema

Her presenteres svarene på de mest sentrale spørsmålene fra spørreskjemaet. I tabellene presenteres de ulike kodene for hvert spørsmål samt antall referanser for de ulike kodene. De ordene som står i fet skrift i teksten er de samme kodene fra tabellen for de spesifikke spørsmålene. Som beskrevet i metoden i 4.4.1 er kodene deskriptive og tar utgangspunkt i respondentenes svar på spørreskjemaet. Selv om antall totale respondenter på spørreskjemaet er 50, vil dette antallet overstige 50 for noen av spørsmålene. I disse tilfellene har enkelte respondenter gitt svar som passer i flere av kodene. I hver tabell er det også oppgitt antall informanter som har P-matte eller T-matte i parentes etter totale antall referanser. Den totale fordelingen av elevene i utvalget på P-matte og T-matte er oppført i tabell 5.1:

Tabell 5.1: Fordeling på P-matte og T-matte i utvalget

Matematikkfag	**Antall**
P-matte	29
T-matte	21
Totalt	50

5.1.1 Elevenes emosjoner, syn og oppfattet kompetanse i matematikk

Spørsmålene 2, 3 og 4 fokuserer på hvordan elevene definerer matematikk og hva de liker best og minst med faget. Disse besvarelsene er blitt brukt for å analysere respondentenes syn, følelser og oppfattet kompetanse i matematikk.

Tabell 5.2: Svar på spørsmål 2, 3 & 4

2. Matematikk er ...	
Kode	**Antall (P/T)**
Vanskelig, men gøy når man får det til	12 (7/5)
Vanskelig	8 (7/1)
Overalt, viktig og nyttig	8 (1/7)
Ikke gøy	6 (6/0)
Logisk	5 (2/3)
Å løse problem og regnestykker	5 (3/2)
Formler og regler	3 (0/3)
Krevende	3 (1/2)
Gøy når man får det til	2 (1/1)
Lett og greit	2 (2/0)
Totalt	54 (30/24)

3. Det jeg liker best med matematikk er ...	
Kode	**Antall (P/T)**
Å forstå, få til oppgave	21 (13/8)
Generelle egenskaper ved matematikk	10 (3/7)
Å få utfordringer	7 (5/2)
Spesifikke tema (geometri, algebra)	7 (6/1)
Vet ikke	4 (3/1)
At det er nyttig utenfor skolen	3 (0/3)
Totalt	52 (30/22)

4. Det jeg liker mindre med matematikk er ...	
Kode	**Antall (P/T)**
Å Ikke få det til eller forstå	18 (11/7)
At det er mye å huske	13 (6/7)
At det er komplisert og vanskelig	12 (4/8)
Spesifikke tema (likninger, brøk)	6 (6/0)
Alt	5 (5/0)
Ikke rom for tolkning	2 (1/1)
At det ikke er nyttig	2 (0/2)
Totalt	58 (33/25)

Spørsmål 2: Matematikk er ...

I besvarelsene på spørsmål 2 peker til sammen 21 respondenter på at matematikk er **vanskelig**. 12 av disse har svart at det er **vanskelig, men gøy når man får det til.** Denne besvarelsen er eksempel på hvordan elevenes mestringsforventninger vil øke når man opplever å mestre oppgavene (Usher & Pajares, 2008). Disse respondentene knytter altså matematikk til hvorvidt de liker og mestrer faget. Det samme gjør respondentene som skriver at matematikk er **krevende, lett og greit, ikke gøy og gøy når man får det til.**

Det mest interessante med disse kodene er de seks respondentene som har skrevet at matematikk **ikke er gøy**. Dette er seks av 50 elever som mest åpenbart har negative emosjoner knyttet til matematikk. Det er kun en elev som skriver at matematikk «ikke [er] gøy», men dette er betegnende for besvarelsene til alle seks respondentene. Eksempel på hva de andre har skrevet er:

- *Har aldri likt det og kommer nok aldri til å like det.* (E14)
- *Matematikk er det verste som har blitt oppfunnet.* (E48)
- *Et fag jeg ikke trives så godt i.* (E29)
- *Kjedelig.* (E9)

Utover dette kan resten av svarene på spørsmål 2 knyttes til ulike syn på matematikk. Det er åtte referanser for at matematikk er noe man møter på **overalt** og at det er **viktig og nyttig**. Det er også verdt å nevne at en av elevene som sier det er brukbart også skriver: «men kan også virke håpløst.» Det er fem referanser for respondenter som skriver at matematikk går ut på **å løse problemer og regnestykker** eller at det er **logisk.** En mindre gruppe av respondentene skriver at matematikk er **formler og regler**. Her kan vi se at det danner seg et skille mellom instrumentelle og relasjonelle syn. De elevene som skriver at matematikk er overalt, logisk eller viktig og nyttig kan tenkes at har et relasjonelt syn på matematikk. På andre siden kan vi ane at elevene som sier at matematikk er formler og regler har et instrumentelt syn (Skemp, 1976).

Spørsmål 3: Det jeg liker best med matematikk er ...

21 av respondentene har på spørsmål 3 svart at de liker best **å forstå og få til oppgaver.** Denne koden innebærer både svar som fokuserer på at å forstå det du gjør gir motivasjon, spesielt dersom man klarer å løse det på egenhånd, mens andre har størst fokus på å klare oppgavene. En respondent skriver at de liker best matematikk «når jeg klarer å få til det vi skal. Da får jeg en mestringsfølelse og får motivasjon til å fortsette.» Andre skriver «at hvis du klarer å forstå det da blir det bare enklere og enklere» eller «Jeg liker å få oppgavene til, men resten av tiden er det vanskelig å få ting til.» På samme måte som for spørsmål 2 er det mange elever som knytter matematikk til mestring.

Videre er det syv respondenter som trekker frem at de liker **å få utfordringer**. De skriver blant annet at det de liker best er «at det krever at du bruker hjernen og er presis», «at jeg lærer mer og det er interessant» eller «at jeg får utfordre meg selv.» Ytterligere syv har nevnt **spesifikke tema** som de synes er de beste ved matematikken. Det innebærer alt fra symmetri, geometri, algebra og programmering.

Utover dette er det noen som liker at matematikk er **nyttig utenfor skolen**. Det interessante er at det kun er tre elever som liker at matematikk har nytteverdi. Fagets nytte kan være en viktig motiverende faktor for å arbeide med matematikk. Om det så er for å forbedre forutsetningene sine for fremtiden eller for dagliglivet utenfor skolen (Hannula et al., 2016; Husman et al., 2004; Eccles & Wigfield, 1995). Det kan være at akkurat denne klassen ikke er like nytte-orientert som andre. På spørsmål 2 kan vi likevel se at det er åtte respondenter som skriver at matematikk er enten overalt, viktig eller nyttig. Altså kan det være at flere av elevene i klassen blir motiverte av matematikkfagets nytte, selv om de ikke skrev om det på spørsmål 3.

Det er også viktig å påpeke hva som legges i koden **generelle egenskaper ved matematikk.** Her har jeg inkludert svar fra elever som skriver om forskjellige egenskaper som kjennetegner matematikk, som også kan knyttes til elevenes syn. Noen eksempel er:

- *Det er et system. To pluss fem blir alltid syv uansett.* (E8)
- *Alle ting har regler så du klarer å tenke deg ut til svar fra de reglene.* (E30)
- *At det ikke er mye meninger og slikt, men at det heller er et tydelig svar.* (E15)

Til sist er det koden **vet ikke** for fire respondenter som ikke vet hva de liker best med matematikk.

Spørsmål 4: Det jeg liker mindre med matematikk er ...

De fleste respondentene (18) peker på at det de liker minst med matematikk er **når de ikke får det til eller ikke forstår**. Dette samsvarer med at majoriteten av respondentene knytter matematikk til mestring og likte best matematikk når de får til oppgaver og forstår hva man jobber med. Denne koden består av mange ulike begrunnelser fra de enkelte respondentene. Noen peker på «at det kan være vanskelig å forstå alt». Andre respondenter skriver at de ikke liker «når [de] bruker for mye tid på en oppgave». Noen peker også på frustrasjonen «at det er lett å gjøre feil». Respondentene peker på ulike deler ved det å løse oppgaver og å lære matematikk som frustrerende. Fellesfaktoren er at negative emosjoner i matematikk knyttes til å ha lave mestringsforventninger. De liker ikke matematikk når de ikke får det til, når de føler det tar for lang tid eller dersom de ikke forstår oppgaver og forklaringer.

Det er videre 6 respondenter som skriver om **spesifikke tema**. Her trekker elevene frem alt fra volum, areal og programmering til likninger og brøk. Selv om disse elevene ikke har gitt nærmere forklaring på hvorfor de ikke liker de spesifikke tematikkene, er det naturlig å tenke at de kanskje har hatt lave mestringsforventninger i disse fra før. På den måten kan deres oppfatning av egen kompetanse i de spesifikke emnene være lavere, siden disse trekkes frem som det de liker minst, sammenlignet med andre tematikker.

13 elever skriver **at det er mye å huske** i matematikken. Respondentene peker på at det er mange formler, regler og pugging i matematikk. De skriver at de ikke liker «alle formlene og de viktige småreglene man bare må huske.»

12 elever svarer at de ikke liker **at det er vanskelig og komplisert**. Mens noen påpeker at «likninger (...) er så vanskelig at hodet mitt eksploderer» så trekker andre frem «at det kan bli komplisert og slitsomt veldig raskt.» Forskjellen på denne koden fra den første er at elevene ikke skriver om at de ikke får det til eller ikke forstår, bare at det er vanskelig.

Det er også fem respondenter som svarer at de ikke liker **alt.** De har tydelig negative følelser eller erfaringer knyttet til matematikk. Til sist er det 2 elever som peker på at de ikke liker at matematikk **ikke har rom for tolkning** og ytterligere 2 som peker på at matematikk **ikke er nyttig**. De to elevene har skrevet:

- *(...) Når jeg ikke får et svar på hvorfor jeg gjør det og hva det skal hjelpe meg med i andre sammenhenger.* (E41)
- *Noe jeg ikke liker er at noen ting er så innviklet for ingen grunn, det er for eksempel bare ubrukelig i virkeligheten.* (E45)

Dette illustrerer hvor viktig det er for elevene å oppleve matematikk som et nyttig redskap også utenfor skolen. Noe som i forlengelsen kan bidra til å fremme positive holdninger (Mellin-Olsen, 1981).

5.1.2 Kunstfag

På spørsmål 5 skriver elevene hva de liker best med kunstfag. Dette har vært interessant for å forstå hva slags preferanser de har fra kunstfag, noe som sannsynligvis også kan ha betydning for hvordan de opplever det tverrfaglige prosjektet. Det har også vært interessant å se hva elevene liker med kunstfag sammenlignet med hva de skriver om matematikk på samme spørsmål.

Tabell 5.3: Svar på spørsmål 5

5. Det jeg liker best med kunstfag er ...	
Kode	**Antall (P/T)**
Kreativitet	27 (13/14)
Å kunne uttrykke seg selv	9 (5/4)
Å skape	9 (4/5)
Annet	7 (4/3)
Å lære nye ting	7 (4/3)
Ingen fasit	6 (3/3)
Totalt	65 (33/32)

Spørsmål 5: Det jeg liker best med kunstfag er ...

Hele 27 av respondentene peker på at de liker faget på grunn av **kreativitet**. De fleste av disse respondentene skriver ordrett at det de liker best med kunstfag er «å være kreativ.» Koden inkluderer også svar som «Jeg liker mest at jeg kan gjøre nesten hva jeg vil. Jeg kan bruke forskjellige materialer på samme ide og få helt forskjellig følelse og utseende.» Så selv om denne respondenten ikke skriver kreativitet, så beskriver respondenten det jeg tolker som en kreativ prosess.

De neste kodene går på at elevene liker **å skape, uttrykke seg selv** og **å lære nye ting**. De som peker på at de liker **å uttrykke seg selv** i kunstfag handler om at det er «en god måte å få frem hvem en selv er» eller for eksempel «at det er gøy å uttrykke seg på en visuell måte» og for å «uttrykke følelsene sine på ting man lager.» De som er inkludert i koden **å skape** skriver både spesifikt at de liker å skape ting, mens noen peker på spesifikke teknikker som handler om å lage ting. Noen eksempel er:

- *Jeg liker å lage ting (...).* (E20)
- *At jeg kan skape noe helt nytt ut ifra farger og materialer.* (E37)
- *Å tegne, fordi det er gøy å tegne. (...)* (E46)

Det er fem respondenter som har kodet for **annet** som ikke kan kategoriseres sammen med andre besvarelser. Disse skriver blant annet at de liker «arkitekturoppgavene fordi [de] vil bli arkitekt», at de liker best å være «nøyaktig med det» eller at de får «jobbe med noe [de] liker å jobbe med» Det er også to respondenter i denne koden som har skrevet at det de liker best med kunstfag er at det er knyttet til matematikk. De peker på at de liker at «man tar matematikken inn i kunsten» og at de kunne «putte polyederet i oppgaven i hvilken som helst kontekst».

Fem respondenter har svart at det de liker best med kunstfag er at det **ikke har fasit**. Disse respondentene skriver at «ingenting er rett eller galt», «at det ikke er noe fasit for den kunsten som blir laget» og at «når du jobber med kunst kan du bruke forskjellige farger og materialer, det er ingen regler.» Det interessante med denne koden er at de delene respondentene liker best med kunstfag står i kontrast til matematikkfaget. Sammenlignet med svarene på spørsmålene 2, 3 og 4 ser vi at fokuset for de fleste elevene går på hvorvidt de mestrer faget eller synes matematikk er vanskelig eller ei.

Dette gir en viss innsikt i hvordan vi kan arbeide med og undervise matematikk i en kunstfagklasse. Oppgaver som åpner for frihet, kreativitet og utforsking slik som problemløsning og undersøkende matematikk vil i større grad være arbeidsmetoder som står i stil med «det beste» fra kunstfag (Liljedahl et al., 2016; Santos-Trigo, 2020). Utfordringen vil sannsynligvis være å hjelpe elever til å se at det er kreativitet i å arbeide med matematikk. De fleste av elevene i klassen virker å ha oppfatninger om at matematikk er vanskelig, skal gå fort og handler om å memorere. Dette kan kanskje gjøre det vanskeligere for gruppa å forstå at man også må være kreativ og tålmodig i arbeid med matematikk.

5.1.3 Elevenes evaluering av prosjektet

For å evaluere hvordan klassen opplevde prosjektet ser jeg først på svarene fra spørsmål 6 og 7 i spørreskjemaet. Her har respondentene svart på hva de likte og ikke likte ved å jobbe med prosjektet «Platonske legemer». Deretter ser jeg på hva elevene skriver at de har lært om matematikk og kunstfag fra prosjektet ved hjelp av spørsmålene 8 og 9.

Tabell 5.4: Svar på spørsmål 6 & 7

6. Nevn to ting du likte godt ved å jobbe med prosjektet Platonske legemer	
Kode	**Antall (P/T)**
Å tegne og lage modeller	29 (18/11)
Matematikk og kunst	14 (6/8)
Kreativitet	11 (7/4)
Fri oppgave	5 (2/3)
Diskusjon	1 (0/1)
Totalt	60 (33/27)

7. Nevn en ting du likte mindre ved å jobbe med prosjektet Platonske legemer	
Kode	**Antall (P/T)**
Presentasjon	22 (12/10)
Lite tid	11 (7/4)
Vanskelig	10 (3/7)
Vet ikke	7 (3/4)
Likte ikke å bygge modeller	2 (2/0)
Likte alt	2 (2/0)
Matematikk	2 (2/0)
Totalt	56 (31/25)

Spørsmål 6: Nevn to ting du likte godt med prosjektet

De fleste respondentene peker på at de likte **å tegne og lage modeller** i prosjektoppgaven på ulike måter. Flere skriver at det var kjekt å arbeide spesifikt med de platonske legemene som er en «ny type form» enn de er vant med. Andre skriver at det var spennende å få tegne litt mer avanserte figurer i perspektiv. Enkelte har også pekt på at det var «fascinerende å se hvordan figurene var bygget opp» både ved hjelp av modellbygging og tegning. En elev forklarer at de «likte å lage formene. Det var en unik måte å se kunsten på.»

Noen av elevene beskriver dette kun ved å skrive at de likte «når vi skulle tegne», mens andre forklarer at de likte «å lære hvordan vi tegner platonske legemer.» På bakgrunn av at dette er en kunstfagklasse er det ikke overraskende at de likte de delene av oppgaven som inkluderer å tegne og bruke sine kreative evner. Dette støttes også av svarene fra spørsmål 5 (se tabell 5.2), der respondentene skriver at det de liker best med kunstfag er kreativitet og tegning (innenfor koden **å skape**). En nærliggende kode er 11 respondenter som pekte på at de likte å jobbe **kreativt**. Svarene går på at de likte å «bruke kreativitet» og «bruke fantasien». En respondent trekker også frem at det var gøy å se at «mange kom opp med mange gode ideer.»

14 respondenter skriver på andre siden at de likte delene av oppgaven som var matematisk eller det at oppgaven var en blanding av **matematikk og kunst**. Mange av respondentene har blant annet skrevet at de «likte å lære om de forskjellige polyedrene» eller å «lære om platonske legemer». Det er også en elev som skriver at det «var spennende å lære om hvorfor

det kun er 5 [platonske legemer] og historien bak dem.» Det er også flere respondenter som skriver at «det var spennende å kombinere kunst og matematikk.» Enkelte har utdypet dette ved å forklare at de «også [er] ganske interessert i geometri mer enn andre temaer i matte», mens en annen skriver at «vi blandet et fag jeg liker og et fag jeg ikke liker så godt.»

Til sist er det 5 av respondentene som likte at det var en **fri oppgave**. En respondent forklarer at det de likte med prosjektet var «at vi kunne velge hvordan/hva vi kommer til å gjøre med legemet vi valgte.» En annen respondent skriver: «Friheten vi fikk i oppgaven, vi fikk noen krav og resten var opp til oss selv, jeg synes det er mye bedre enn å få alt bestemt på forhånd.»

Spørsmål 7: Nevn en ting du likte mindre med prosjektet

Det som kommer tydelig frem er at majoriteten av klassen skriver at det de likte minst med oppgaven er **presentasjonen** på starten av uken. 22 respondenter skriver at presentasjonen var «veldig lang», «litt for mye teori og fakta» og «kjedelig». En forklaring på dette kan være at presentasjonen ble holdt på skjerm på grunn av smitteverntiltak. En elev skriver for eksempel at det «etter hvert ble ganske slitsomt å høre på alt og sitte å se på en skjerm.» Samtidig kommer elevene med forslag til andre ting som kunne vært annerledes. De ønsket seg «flere lysbilder», at «den kunne vært litt kortere» og «delt opp i mindre deler».

Det neste respondentene peker på er at de hadde **lite tid**. De 11 som skriver dette peker enten på at det var litt for liten tid til å fullføre prosjektet eller at de kunne ønske at det var et litt større prosjekt.

Videre skriver 10 respondenter på at deler av oppgaven var **vanskelig**. De ulike respondentene peker på forskjellige deler av oppgaven når de forklarer hva som var vanskelig. En skriver at «selve papirbrettingen var ikke særlig lett». Dette la jeg også merke til i løpet av økten der noen elever som brettet papirmodeller sa at det var knotete. Dette kan komme av at malene jeg valgte å bruke i klassen var vanskelige å bruke. Det er også flere av elevene som lagde mal for figuren i A4. Med en modell i A3 kunne det kanskje vært enklere og ikke blitt så «knotete.» En annen elev skriver at «å bygge tetraeder og oktaeder var litt utfordrende med de grønne pinnene.» Det var flere elever som etter en liten stund med modellbygging spurte etter blå pinner istedenfor grønne for å forsøke seg på en enklere figur. I tillegg er det respondenter som skriver at «det var vanskelig å tegne i perspektiv.» Det er også 2 respondenter som har skrevet at de **likte ikke å bygge modellene**. De har ikke begrunnet svaret sitt, så jeg vet ikke om det for eksempel var fordi de også syntes det var vanskelig.

Alle disse tilbakemeldingene peker i størst grad på hvilke deler av prosjektet som kunne vært annerledes. Både presentasjonen, lite tid og at enkelte deler av oppgaven var vanskelig er deler som burde bli tatt hensyn til i en ny bruk av dette spesifikke tverrfaglige opplegget.

Utover dette er det 5 respondenter som har svart **vet ikke** eller at de ikke kommer på noe spesielt de ikke likte. Noe som egentlig kan tyde på at de likte det meste med prosjektoppgaven. Det er også 2 respondenter som skriver at de ikke likte å jobbe med **matematikk** generelt.

Spørsmål 8 og 9: Fortell om noe nytt du har lært ...

Spørsmålene 8 og 9 gir også mulighet for å evaluere prosjektet. Svarene på de to spørsmålene illustrerer hva elevene mener de har lært fra prosjektet i begge fag.

Tabell 5.5: Svar på spørsmål 8 & 9

8. Fortell om noe nytt du har lært om matematikk fra prosjektet	
Kode	**Antall (P/T)**
Platonske legemer	18 (10/8)
Navn på de platonske legemene	9 (5/4)
Vet ikke, ingenting	8 (5/3)
Det finnes bare 5 platonske legemer	6 (1/5)
Matematikk i kunst	5 (5/0)
Tegne platonske legemer i perspektiv	4 (3/1)
Totalt	50 (29/21)

9. Fortell om noe nytt du har lært om kunstfag fra prosjektet	
Kode	**Antall (P/T)**
Matematikk i kunst	16 (8/8)
Tegne perspektiv	13 (7/6)
Platonske legemer	9 (5/4)
Vet ikke, lærte ikke noe nytt	7 (6/1)
Annet	3 (1/2)
Det finnes bare 5 platonske legemer	2 (1/1)
Totalt	50 (28/22)

Det mest interessante med disse kodene er at elevene har gitt liknende svar på begge spørsmål. Størsteparten av elevene skriver at de har lært om platonske legemer, men det varierer om de knytter det til matematikk eller kunstfag. 18 respondenter skriver at det de har lært om matematikk er **platonske legemer**. Noen eksempel på svar innenfor denne koden er:

- *Har lært at de platonske legemer eksisterer.* (E38)

- *Alle de forskjellige formene og figurene.* (E9)

- *Har lært hvordan de platonske legemene er satt sammen og bygget opp.* (E42)

Det er også 10 respondenter som skriver at de har lært om **platonske legemer** i kunstfag. De skriver blant annet at de har lært «måten de ulike platonske legemene var bygget opp» og «at kunst hadde mange platonske legemer i seg.» Elevene trekker frem de samme poengene for hva de har lært i både matematikk og kunstfag. Dette gjelder for flere av kodene, som er like for både spørsmål 8 og 9. Den eneste koden som er ulik for de to spørsmålene er **navn på de platonske legemene** som respondentene kun skrev at de hadde lært om i matematikk.

5.1.4 Matematikk og kunstfag

I spørreskjemaet har elevene også svart på om prosjektet har endret deres syn på matematikk eller kunstfag.

Tabell 5.6: Svar på spørsmål 10

Har prosjektet forandret ditt syn på matematikk?	**Antall (P/T)**
Ja	6 (3/3)
Nei	21 (14/7)
Vet ikke	23 (12/11)
Totalt	50 (29/21)

Tabell 5.7: Svar på spørsmål 11

Har prosjektet forandret ditt syn på kunstfag?	**Antall (P/T)**
Ja	8 (5/3)
Nei	20 (12/8)
Vet ikke	22 (12/10)
Totalt	50 (29/21)

Det er 6 elever som sier at de har fått forandret sitt syn på matematikk og 8 som sier de har fått forandret synet sitt på kunstfag. De som svarte ja, ble også bedt om å forklare hvordan prosjektet har forandret synet deres på fagene. Enkelte elever forklarer at det har vist dem at matematikk er mer enn å regne ut ting, men også er en del av kunst:

- *Det har vist meg at det finnes flere sammenhenger med kunst enn det jeg trodde, og at matematikk ikke bare er brukt til å regne ut noe, men også å skape et design og perspektiv ut av noe. (E2)*

- *At matte ikke bare [er] noen abstrakte siffer, men også en del av kunst. (E37)*

Andre elever peker på at de ser «det er flere måter å blande kunst og matte» og «at det går an å kombinere det inn med andre fag og også gjort det mulig å ha det gøy.» Disse elevene mener at dette er deler ved prosjektet som har forandret synet deres. Det er likevel viktig å peke på at mange av de andre elevene som svarte «nei» eller «vet ikke» kommer med lignende eksempel når de skriver hva de har lært om kunstfag i spørsmål 9. Dette er svar som koder for **matematikk i kunst**:

- *At kunst er ganske mye mer matte enn jeg hadde trodd. (E8)*

- *Hvordan man kan inkludere matematikk inn i kunst og bruke former til å lage noe annet. (E11)*

- *At matte har blitt mye brukt i kunst. (E19)*

Det er med andre ord en rekke elever som peker på de samme erfaringene som de elevene som skriver at de har fått endret syn på faget. Grunnen for at ikke alle svarer at de har endret synet sitt kan sannsynligvis knyttes til individuelle forskjeller for tolkning av spørsmålet, samt at den samme erfaringen oppleves ulikt for elevene. For noen har det endret synet deres på matematikk, for andre ikke. På samme måte som at en oppfatning kan trigge ulike følelser hos en person, kan kanskje den samme oppfatningen også trigge ulike syn (DiMartino & Zan, 2011)?

Det er flere elever som har gitt liknende forklaringer også på hvordan synet deres på kunstfag er blitt forandret:

- *La mer merke til at det er vanlig å kombinere matte og kunst. (E6)*

- *Når jeg tenker på kunstfag, innbiller jeg meg litt mer matte. (E13)*

- *Jeg har fått et eksempel på hvordan en kan gi elever mer frihet for å gjøre en oppgave mer spennende. (E40)*

Det er fortsatt flest av elevene som svarer nei eller vet ikke på begge spørsmålene.

Spørsmål 12: Kan du gi noen eksempel på sammenhenger mellom matematikk og kunstfag?

Helt til sist har jeg tatt med spørsmål 12 der respondentene har kommet med eksempel på sammenhenger mellom matematikk og kunstfag.

Tabell 5.8: Svar på spørsmål 12

12. Kan du gi noen eksempel på sammenhenger mellom matematikk og kunstfag?	
Kode	**Antall (P/T)**
Geometri	31 (18/13)
Arkitektur	21 (9/12)
Målestokk	13 (8/5)
Perspektiv	8 (4/4)
Symmetri	5 (2/3)
Det gylne snitt	2 (0/2)
Annet	2 (2/0)
Totalt	82 (43/39)

Det er ikke overraskende at mange har skrevet **geometri**, da dette var tematikken for prosjektet. På bakgrunn av at jeg også snakket om **symmetri** og **perspektiv** er det naturlig at elevene har nevnt dette som sammenheng mellom fagene. De andre eksemplene elevene kommer med er **arkitektur** og **målestokk**. Dette er ikke temaer som vi fokuserte like mye på i prosjektet, men sammenhenger som elevene selv identifiserer mellom de to fagene fra før. I koden **annet** finner vi blant annet svaret «nei».

5.2 Trender i grupper av informanter fra spørreskjema

Til forskjell fra del 5.1 er disse resultatene knyttet til analyse på helheten av elevenes responser. Som beskrevet i del 4.4.2 handler positive eller negative beskrivelser av matematikk om at elevene gir beskrivelser som vitner om et instrumentelt/relasjonelt syn på matematikk, positive/negative følelser knyttet til matematikk eller en høy/lav oppfattet kompetanse i faget. Helhetsanalysen har også gjort det mulig å se mønstre blant de ulike elevene, som er blitt kategorisert i seks elevgrupper. I analysen og beskrivelsen av de ulike elevportrettene vises eksempel på hvordan besvarelsene koder for positive og/eller negative disposisjoner til matematikk, samt hvordan de passer i sin gruppe. I teksten kommer det også frem hvilket matematikkfag elevene tar der (P) står for P-matte, og henholdsvis (T) for T-matte.

5.2.1 Positiv +

Det er identifisert to elevportretter i kategorien positiv+. Felles for disse er at de sier at de har fått forandret sitt syn på matematikk fra prosjektet, som vist i 5.1.4. Deres begrunnelser for hvorfor de har fått forandret synet sitt er ulike:

> Informant 2 (T): *[Prosjektet] har vist meg at det finnes flere sammenhenger med kunst enn det jeg trodde, og at matematikk ikke bare er brukt til å regne ut noe, men også for å skape et design og perspektiv ut av noe.*
>
> Informant 37 (T): *At matte ikke bare er abstrakte sifre, men også en del av kunst.*

Felles for informantene er at de ser flere sammenhenger mellom matematikk og kunst enn det de gjorde tidligere. Videre beskriver de matematikk på en måte som vitner om et relasjonelt syn på faget.

> **Elevportrett 2 (T)**
>
> Matematikk er: *Læren om tall og geometriske figurer. Ut fra regnestykker kan man regne seg frem til logiske forklaringer innenfor hverdagen og vitenskapen. Man møter på matematikk overalt.*

Det jeg liker best med matematikk er: *Kunnskapen og hvordan det forandrer mitt syn på ting om hvordan vi mennesker har utviklet oss til den teknologien og vitenskapen vi har idag. Jeg liker også sammenhenger det har med kunstfaget.*

Informant 2 (T) knytter matematikk til logikk, å finne løsninger og forklaringer i tillegg til at matematikk er nyttig både i hverdagen og i vitenskapen. Dette er beskrivelser som kan knyttes til et relasjonelt syn på matematikk på bakgrunn av at eleven identifiserer matematikk som logisk og del av verden (Mellin-Olsen, 1981). Det samme kan sies for informant 37 (T) som beskriver matematikk som «en måte å forstå logiske sammenhenger i verden.» Det interessante med disse elevene er at de fra før av er positive til matematikk og har blitt «mer positive». På bakgrunn av at disse elevene skriver på en måte som vitner om et relasjonelt syn på matematikk gir dette også grunn til å tro at de hadde gode forutsetninger for å forstå matematikken i prosjektoppgaven.

5.2.2 Positiv

Elevene i denne gruppen skriver om positive erfaringer i matematikk, og de likte prosjektet, men de skriver ikke noe som tilsier at det har skjedd en endring. Et eksempel er informant 11 (P) som likte oppgaven og fra før av synes at matematikk er «greit». Eleven skiver at prosjektet har lært dem at matematikk og kunstfag har koblinger, men «vet ikke» om det har forandret synet deres på noen av fagene.

Elevportrett 11 (P)

Matematikk er: *greit.* og *matten er enkel, og jeg får med meg og lærer det jeg skal.*

Det jeg liker best med matematikk er: *å få til oppgaver jeg ikke visste jeg kunne.*

Nevn to ting du likte ved å jobbe med prosjektet Platonske legemer: *likte å lære om de forskjellige polyedrene og kunne bruke det i egen tegning.*

Fortell om noe nytt du har lært om kunstfag fra prosjektet: *hvordan man kan inkludere matematikken inn i kunst og bruke former til å lage noe annet.*

Et tydelig eksempel på en beskrivelse av høy oppfattet kompetanse i matematikk er at elev 11 forklarer at faget er enkelt og at de lærer det de skal. Det vitner om at eleven har positive mestringsforventninger og høy oppfatning om egne evner i faget. Eleven trekker også frem eksempel som at man kan inkludere matematikk i kunst, og at de likte å lære om polyedre. Siden eleven likevel ikke har fått forandret sitt syn eller utdyper sammenhengene mellom fagene kategoriseres elevportrettet i positiv og ikke i positiv+.

Informant 1 (T) er også kategorisert i *positiv*. Eleven skriver at de ikke har fått forandret synet sitt i noen av fagene, og måten informanten beskriver matematikk kan knyttes til en relasjonell forståelse.

Elevportrett 1 (T)
Matematikk er: *interessant* og *et fag med mye variasjon. Det går veldig mye i formler og regler.*
Det jeg liker best med matematikk er: *at det finnes mange muligheter. Ja man har regler man må forholde seg til, men det er disse reglene man må komme og regne seg fram til. Matematikk i seg selv er kunst. Man har geometriske figurer, likninger, funksjoner og potenser; å klare dette er en kunst.*

På bakgrunn av at eleven beskriver matematikk som interessant antyder det at eleven har en indre motivasjon og interesse for selve faget. Det kan knyttes til en positiv emosjonell disposisjon. På samme tid peker eleven på at faget består av mye formler og regler, men i begrunnelsen for hvorfor eleven liker matematikk ser vi at elevens forståelse av regler er at det skaper et system. At man forholder seg til reglene for å komme frem til mulige svar. Spesielt interessant er det at eleven skriver at matematikk i seg selv er en kunst, og at det å klare å arbeide med funksjoner, likninger osv. er en kunst. Det er en formulering ingen av de andre elevene i klassen har brukt eller nevnt. Dette vitner om en evne til å se sammenhenger innad i faget og et relasjonelt syn på matematikk. Siden eleven ikke har endret sitt syn på matematikk er også informant 1 (T) kategorisert i positiv og ikke positiv+.

5.2.3 Nøytral +

Felles for disse elevene er at de har både positive og negative dimensjoner knyttet til matematikk. Videre skriver elevene om positive opplevelser med prosjektet knyttet til matematiske aspekter ved oppgaven, og noen få har fått forandret synet sitt på matematikk. Derfor er de kategorisert som nøytral +. Flere av elevene peker på at de har lært at det kun finnes fem platonske legemer eller at de har lært om de platonske legemenes oppbygning.

Dette er de delene ved prosjektet som fra et matematisk synspunkt er de mest relevante og interessante.

Jeg trekker først frem noen eksempel på hvordan elevene i denne kategorien beskriver matematikk. Et eksempel er elevportrett 43 (P), som er representativt for flere av de andre elevportrettene som også går under denne kategorien.

Elevportrett 43 (P)

Matematikk er: *helt ok når jeg får det til* og *Matematikk er ofte vanskelig og mye arbeid, men hvis det er noe jeg får til, og går fort, er matte ganske ok.*

Det jeg liker best med matematikk er: *Geometri og ting som går litt fortere å regne ut, ikke så mye å skrive ned osv.*

Det jeg liker mindre med matematikk er: *mange ting tar lang tid og innebærer å huske mange formler, fremgangsmåter osv.*

På ene siden synes eleven det går greit med matematikk når en mestrer det en arbeider med, og når det går fort. På andre siden forklarer informant 43 (P) at noen ting tar lengre tid og at man må memorere regler og formler. Dette er oppfatninger som tyder på et instrumentelt syn. Måten eleven tenker man kan klare å mestre matematikk innebærer å pugge formler og regler. Det samme kan vi se at informant 32 (T) skriver på spørsmålet om hva de ikke liker med matematikk: «Alle formlene og de viktige småreglene man bare må huske.»

Informant 42 (P) beskriver lignende opplevelser i matematikkfaget.

Elevportrett 42 (P)

Matematikk er: *krevende* og *Et fag hvor man gjør alt du kan tenke deg med tall. Ved matte får du fram mange ulike måter å løse et problem og ulike måter å tenke på. Jeg personlig syntes at matte ikke er så gøy siden til tider er det ganske vanskelig. Matte er et krevende fag og det er ikke enkelt for alle.*

Det jeg liker best med matematikk er: *Men det jeg liker mest med matte er når jeg får til noe på egen hånd. Den følelsen av å mestre noe utfordrende.*

Det jeg liker mindre med matematikk er: *Er at det tar så mye tid, hvert fall når du sliter og ikke får til noe. Spesielt likninger med brøk og generelt alt med brøk.*

Vi ser de samme poengene som med elevportrett 43 (P), at matematikk er kjekt når man mestrer det, mens det er irriterende at ting tar mye tid eller at man ikke får det til. Eleven legger også vekt på at de personlig ikke synes matematikk er gøy fordi det kan være ganske vanskelig. Eleven har med andre ord negative følelser som kan knyttes til en lav oppfatning av egen kompetanse. Her belyses også kompleksiteten og påvirkningen av de ulike dimensjonene ved en elevs holdninger.

Så er spørsmålet hvordan denne gruppen elever har opplevd prosjektet og hva de har lært om matematikk. Elev 32 (T) har blant annet lært at det finnes fem platonske legemer og lært om deres oppbygning.

Elevportrett 32 (T)

Nevn to ting du likte godt ved å jobbe med prosjektet Platonske legemer: *Å lage modeller med de pinnene og kulene var kjekt. Og at å lage noe med et platonsk legeme var en veldig fri oppgave.*

Fortell om noe nytt du har lært om matematikk fra prosjektet: *Hvordan alt er hengt sammen. At matematikken gjør at de [platonske legemene] er sånn som de er.*

Fortell om noe nytt du har lært om kunstfag fra prosjektet: *At det er bare 5 av de [platonske legemene] og hvordan kunstnere har sammenlignet det med de fem elementer innen verden (ild, vann osv.)*

Eleven skriver at det beste med oppgaven var å få lage modeller, og det faktum at oppgaven var ganske fri. Når eleven skriver hva de har lært fra matematikk peker eleven på hvordan alt henger sammen og at matematikken gjør at de platonske legemene er «sånn som de er.» Altså virker det som at eleven har sett at matematikk kan beskrive hvordan de platonske legemene er bygd opp (NCTM, 2014; Wæge & Nosrati, 2018, s. 99). Det samme kan vi se i elevportrettene 42 (P) og 45 (T):

Elevportrett 42 (P)

Nevn to ting du likte godt ved å jobbe med prosjektet Platonske legemer: *Det å se de ulike formene, og måten de var satt sammen. Hvordan alt hang sammen, og måten figurene er avhengige av hverandre.*

Fortell om noe nytt du har lært om matematikk fra prosjektet: *Har lært hvordan de platonske legemene er satt sammen og bygget opp.*

Elevportrett 45 (T)

Nevn to ting du likte godt ved å arbeide med prosjektet Platonske legemer: *Kreativiteten som vi fikk bruke i kunsten ved hjelp av matte. Det hjalp meg å innse at det er gøy å lage geometriske figurer.*

Fortell om noe nytt du har lært om matematikk fra prosjektet Platonske legemer: *Hvordan man lager de [platonske legemene] og alle reglene rundt de.*

Elevene likte å bygge figurene og å lære hvordan de er bygd opp. Deres uttalelser vitner om at de ser sammenhenger mellom det abstrakte matematiske og de konkrete (visuelle) platonske legemene.

Til sist i denne kategorien vil jeg trekke frem et elevportrett som på en annen måte passer inn i kategorien. Elevportrett 43 (P) har til forskjell fra de andre elevene i kategorien skrevet at de har fått forandret sitt syn på matematikk.

Elevportrett 43 (P)

Nevn to ting du likte godt ved å arbeide med prosjektet Platonske legemer: *Jeg likte oppgaven hvor vi skulle tegne et av de platonske legemene. Var også veldig gøy at vi fikk velge hvilket medium vi ønsket å bruke.*

Hvordan har prosjektet forandret ditt syn på matematikk: *Er ikke helt sikker på hvordan, men tror det har endret synet mitt på matematikk*

Ut fra hva eleven skriver om selve prosjektoppgaven, så pekes det i størst grad på at det var kjekt med tegning og frihet til å velge hva de ville gjøre i oppgaven. Eleven peker ikke på de platonske legemenes oppbygning som de andre elevene i kategorien, men skriver på andre siden at synet på matematikk er forandret. Selv om informant 43 ikke er «helt sikker på hvordan» synet er forandret, så tilsier ytringen at eleven selv mener det har skjedd en endring fra tidligere oppfatninger om matematikk.

5.2.4 Negativ +

En annen elevgruppe som står frem i datamaterialet er de som har negative oppfatninger og følelser knyttet til matematikk, men skriver om noen positive opplevelser i prosjektoppgaven.

Et eksempel er elevportrett 33 (P) som uttrykker negative følelser knyttet til matematikk. De har ikke fått forandret sitt syn på fagene, men peker likevel på noen positive opplevelser fra prosjektet.

Elevportrett 33 (P)

Matematikk er: *veldig slitsomt og repeterende.* og *dritt.*

Det jeg liker mindre med matematikk er: *Alle formlene og puggingen.*

Det jeg liker best med matematikk er: *Det var gøy det vi holdt på med sist uke, men det var jo ikke det vi vanligvis gjør.*

Nevn to ting du likte ved å jobbe med prosjektet Platonske legemer: *Det var gøy å lære å tegne dem og lage dem.*

Fortell om noe nytt du har lært om matematikk fra prosjektet Platonske legemer: *Følte ikke jeg lærte noe om matematikk.*

Elev 33 (P) gir uttrykk for negative opplevelser av matematikk med beskrivelsene «slitsomt og repeterende» og «dritt.» I tillegg kan ytringen om at matematikk er mye formler og pugging tolkes som at eleven har et instrumentelt syn på matematikk. Det er derfor interessant at elev 33 (P) syntes matematikken i prosjektet («sist uke») var gøy på tross av de negative emosjonene og synet eleven knytter til matematikk fra før. Selv om eleven ikke gir uttrykk for endrede holdninger til matematikk, så trekkes det frem positive opplevelser knyttet til det kunstfaglige i oppgaven og i en viss grad til matematikk. På bakgrunn av at dette var en ukes prosjektarbeid er det begrenset hvor stor innflytelse man har på elevenes holdninger, og i noen tilfeller kan enkelte holdninger være så fikserte at det nesten er umulig å endre senere (Liljedahl & Hannula, 2016).

En annen elev jeg har kategorisert som negativ+ er informant 47 (T):

Elevportrett 47 (T)

Matematikk er: *Vanskelig og for mye hjernebruk. Alt for mange formler og fremgangsmåter å huske på. Var mye gøyere på ungdomsskolen når jeg faktisk fikk det til.*

Nevn to ting du likte godt ved å jobbe med prosjektet Platonske legemer: *Det var veldig interessant å kunne sette et platonsk legeme inn i en kreativ setting. Å lage figurer av formene var også ganske kjekt, det minnet om noe vi holdt på med tidligere, bare med litt gøyere former.*

Fortell om noe nytt du har lært om matematikk fra prosjektet: *Det finnes bare 5 forskjellige platonske legemer. I hvert fall ikke så mange.*

Fortell om noe nytt du har lært om kunstfag: *at mønster som repeterer seg i kunst er knyttet til matematikk.*

På spørsmålene om matematikk kan man se at elev 47 (T) har en oppfattelse om at man må pugge formler og fremgangsmåter for å lykkes i faget, noe som tyder på et instrumentelt syn på matematikk. I tillegg ser vi at eleven har en lav oppfattelse av egen kompetanse siden matematikk «var mye gøyere på ungdomsskolen når jeg faktisk fikk det til.»

Eleven forklarer videre at det kun finnes 5 platonske legemer, som knyttes til det geometriske beviset. Det er vanskelig å si i hvor stor grad eleven faktisk forstod beviset på bakgrunn av denne ene ytringen, men de har fått med seg faktumet at det er et begrenset antall platonske legemer. I tillegg peker de på at matematikk kan knyttes til *mønsterbygging*. Det er det ingen andre elever som har skrevet i sin besvarelse. Ut fra hva eleven likte best er det kanskje i størst grad det kreative aspektet ved oppgaven som appellerte til informant 47 (T). Men det virker som at de også har fått øynene opp for andre måter man kan finne sammenhenger mellom de to fagene enn det de visste om fra før. Selv om eleven også skriver at de ikke vet om de har fått forandret sitt syn på noen av fagene, er det interessant at eleven trekker koblinger mellom fagene. Spesielt på bakgrunn av at eleven virker å ha lav oppfattet kompetanse og instrumentell forståelse.

5.2.5 Negativ + kunst

En annen kategori er elever som skriver om negative opplevelser knyttet til matematikk, noe som heller ikke virker å ha endret seg i løpet av prosjektet. De har på andre siden likt den kunstfaglige delen av oppgaven. Jeg trekker først frem eksempel på hvordan tre av elevene i denne kategorien beskriver matematikk generelt og i prosjektet.

Matematikk er:

Informant 14 (P): *Vanskelig, irriterende og frustrerende. Har aldri likt det, og kommer nok aldri til å like det.*

Informant 22 (T): *Det er komplisert og krever mye presisjon og konsentrasjon.»*

Informant 29 (P): *Forvirrende, et fag jeg ikke trives så godt i.*

Nevn en ting du likte mindre ved å jobbe med prosjektet Platonske legemer:

Informant 14 (P): *All teorien før vi fikk begynne.*

Informant 22 (T): *Det var litt vanskelig å lære om de platonske legemer.*

Informant 29 (P): *Matte. Kommer ikke på noe som kunne være annerledes.*

Elevene uttrykker både negative følelser, og lav oppfattet kompetanse knyttet til matematikk. Det elevene trekker frem som de ikke likte med prosjektet handler i tillegg om matematikk. Elevene knytter dette til «teorien» i starten av prosjektet eller at det var vanskelig å lære om de platonske legemene. Helt konkret ser vi også at elev 29 (P) mener at det som kunne vært annerledes var «matte.»

Nevn to ting du likte godt ved å jobbe med prosjektet Platonske legemer:

Informant 14 (P): *jeg fikk tegne.*

Informant 22 (T): *Jeg likte å lage formene. Det var en unik måte å se kunsten på.* Annet: *Det var en ny opplevelse og jeg ser at arkitektur er mer spennende enn det ser ut som.*

Informant 29 (P): *Jeg likte når vi begynte å jobbe med hva vi kunne lage til akkurat den figuren. mange kom opp med mange gode ideer.*

De delene av prosjektet elevene likte er enten at de fikk tegne eller bygge modeller. Selv om prosjektet for disse informantene ikke virker å ha forandret inntrykket av matematikk, så har elevene likt de delene som kan knyttes til kunstfag.

Informant 22 (T) skriver også på det siste åpne spørsmålet: «Det var en ny opplevelse og jeg ser at arkitektur er mer spennende enn det ser ut som.» Selv om eleven syntes det «var vanskelig å lære om de platonske legemene» har de altså fått nye erfaringer knyttet til kunstfag. Det samme gjelder for informant 14 (P) som har skrevet at prosjektet forandret synet på kunstfag i form av: «At det kan være gøy med perspektiv.» Dette er en elev som beskriver matematikk som «vanskelig, irriterende og frustrerende.» I tillegg til at det informanten liker minst med matematikk er: «alt.»

5.2.6 Negativ

En siste gruppe elevportretter er elever som gir negative beskrivelser av matematikk og som ikke skriver noe som tilsier at det har skjedd noen endring. Et godt eksempel er elevportrett 4 (P).

Elevportrett 4 (P)

Matematikk er: *Komplisert* og *vanskelig*

Det jeg liker best med matematikk er: *Å forstå hvordan man regner ut noe*

Det jeg liker mindre med matematikk er: *At det er lett å gjøre feil.*

Nevn to ting du likte godt ved å jobbe med prosjektet Platonske legemer: *Fikk bruke fantasien. Vet ikke.*

Nevn en ting du likte mindre ved å jobbe med prosjektet Platonske legemer: *Vi fikk litt liten tid. Vanskelig å tegne formen i perspektiv.*

Fortell om noe nytt du har lært om matematikk/kunstfag fra prosjektet*: Kommer ikke på noe.*

Eleven peker på at de likte å kunne bruke fantasien, men skriver videre at de ikke kommer på å ha lært noe om verken matematikk eller kunstfag. Noe som går igjen i elevportrettene jeg kategoriserer som *negativ* er at de generelt skriver lite. De elevene som skriver om positive opplevelser greier ut om det de tenker, og virker å ha flere refleksjoner de ønsker å dele.

5.2.7 Positiv til negativ?

Når jeg hadde funnet de ulike kategoriene for elevene, lette jeg gjennom datasettet for å se om det var noen elevportretter med positiv til negativ respons. Dette har jeg ikke funnet noen eksempel på. Jeg vil si at dette styrker funnet med de andre kategoriene (Johnson, 2013). Enten har elevene negative holdninger til faget der prosjektet ikke har bidratt til noen endring eller utvikling. Det samme gjelder for noen elever med positive holdninger til matematikk som heller ikke virker å ha opplevd endring i sine oppfatninger til faget. Mens andre elever, både med positive og negative holdninger fra før, skriver om positive opplevelser knyttet til prosjektet. Både i form av at prosjektet kan ha endret deres syn på ett eller begge av fagene eller at det de har lært om fagene er interessante fra et matematisk eller kunstfaglig ståsted.

5.3 Intervjuresultater

Jeg presenterer her to utdrag fra intervjuet som belyser funn fra spørreskjemaet. Som nevnt i del 4.3.4 glemte jeg å spørre hvilke matematikkemner (P- eller T-matte) elevene tok. Derfor presenteres elevene i resultatene fra intervjuet uten (P) eller (T) slik som for spørreskjemaet.

Elevene i gruppeintervjuet påpekte blant annet at det var litt fremmed å arbeide med matematikk som ikke kun er tall, og at det var en annerledes matematikk sammenlignet med det de vanligvis har i matematikktimene.

Utdrag 1 fra transkripsjon:

Intervjuer: *Følte dere at prosjektoppgaven var en blanding av matematikk og kunst?*

Elev 1: *Det ble litt mye matte kanskje, bare mye fakta om de platonske legemene.*

Intervjuer: *Var det noe dere savnet i oppgaven, matematisk?*

Elev 1: *Jeg vet ikke, men når jeg tenker på matematikk så tenker jeg på mange tall. Og her var det ikke så mye tall. Og jeg klager ikke på at vi ikke hadde masse tall. Men, det var sånn sett innen matematikk ikke så mye. Det var kanskje bare litt mye fagstoff på en gang.*

Elev 2: *Men vi fikk et veldig godt innblikk i hvor mye de [platonske legemene] står bak i geometri i matte. Enn jeg har gjort før hvert fall.*

...

Intervjuer: *Hvis dere skal sammenligne denne prosjektoppgaven i forhold til å ha matematikk og kunstfag delt i hver sine fag. Hvordan var det å blande dem?*

Elev 3: *ja, det går jo fint, men det var jo veldig annerledes matte enn det som man pleier å ha.*

Elev 1 forklarer at det var ikke så mye tall i prosjektoppgaven, men at når de tenker på matematikk så tenker de på tall. Derfor følte heller ikke eleven at det var så mye matematikk. Elev 2 forklarer på andre siden at de fikk et innblikk i hvor mye de platonske legemene er en del av geometri i matematikk. Til sist forklarer elev 3 at det «går jo greit» å blande fagene, men at det var veldig annerledes matematikk enn man pleier å ha.

I dette andre utdraget forklarte elevene at det de hadde lært om matematikk var de fem platonske legemene, og at det kun finnes fem.

Utdrag 2 fra transkripsjon:

Intervjuer: *Har dere lært noe nytt om matematikk?*

Elev 3: *Jeg synes det var spennende at det bare var fem av dem.*

Elev 5: *Det var bare de som var perfekte.*

Elev 3*: Ja, jeg hadde regnet med at det var mye mer enn det. At det kun var ned til fem, det var litt kult.*

De fleste elevene nikket og virket enige i at dette var spennende under intervjuet. Som elev 3 påpeker var det interessant og kult at det kun var fem, da man intuitivt regner med at det finnes mange flere enn dette. Dette er også noe elever har skrevet om i spørreskjemaet på spørsmålene 6, 8 og 9. Her er det til sammen ni som skriver at de enten har lært eller synes det var spennende at det kun finnes fem platonske legemer.

6 Diskusjon

I dette prosjektet har jeg sett på elevers holdninger til matematikk og hvordan de responderer på et tverrfaglig prosjekt med matematikk og kunstfag. I denne delen vil jeg presentere og drøfte funnene ved å anvende meg av teori og tidligere forskning.

6.1 Annerledes matematikk

Et hovedfunn fra analysen er at flere elever opplever at matematikken de har arbeidet med i prosjektet er annerledes fra det de vanligvis jobber med. Dette kommer til uttrykk på forskjellige måter i de ulike elevgruppene.

Elevene med positiv+ respons, og relasjonelt syn på matematikk, har pekt på at matematikk ikke kun er «abstrakte siffer» eller trenger å handle om å regne ut noe. De viser en forståelse for at det de arbeider med i timene og i prosjektet er ulike former for matematikk. Ut fra svarene til elevene i positiv+ og informant 43 (P) i nøytral + (se del 5.2.3), kan det virke som at integrasjonen med kunst og matematikk i tillegg har bidratt til en endring i deres syn på matematikk.

For størsteparten av utvalget uttrykkes det derimot et stort sprang fra det de kjenner som matematikk fra før og det de fikk oppleve i prosjektet: en annerledes matematikk. Informant 33 (P) i negativ+ forklarer at matematikken i prosjektet var gøy, men det er jo ikke det de vanligvis gjør. Dette gjenspeiles også hos elev 1 og 3 i intervjuet som forklarte at matematikken i prosjektet var veldig annerledes enn slik man pleier å ha, og heller ikke «så mye tall». Konklusjonen var at det dermed var mindre matematikk i det tverrfaglige prosjektet, fordi når denne eleven tenker på matematikk, så tenker de på tall.

På ene siden kan dette tyde på at andre elever enn de i positiv+ og nøytral+ også har fått øynene opp for at matematikk kan være mer enn «formler og regler». Det kan på andre siden illustrere et behov for å hjelpe elevene til å «bygge bro» mellom den matematikken som de kjenner fra før og som vi arbeidet med i prosjektoppgaven. Noen eksempel på konkrete forbedringer pekte jeg på i del 3.5 og jeg kommer tilbake til det i 6.4. Det handler i størst grad om å legge mer til rette for en utforskende tilnærming til tematikken, der elevene selv skal finne svar. I tillegg til å ha flere diskusjoner og samtaler. Det kunne blant annet vært interessant å innlede prosjektet med å diskutere «hva er matematikk?». Det gir anledning til å belyse de ulike synene elevene har på matematikk fra før, i tillegg til å kunne peke på at matematikk også kan handle om logisk tenking, geometri («ikke tall») og kreativitet.

Behovet for å trekke linjer til den matematikken elevene kjenner fra før belyses også i form av hva elevene mener de har lært, eller ikke lært, fra prosjektet. På spørsmål 8*: «Fortell om noe nytt du har lært om matematikk fra prosjektet*» svarte 8 respondenter enten **vet ikke**, eller **ingenting**. Det illustrerer at gapet mellom matematikk i prosjektet og ellers også gjør det vanskelig for elevene å tenke at de lærte noe om matematikk. Dette gjelder både for elever i kategorien negativ+ og nøytral+, og illustreres i tillegg ved elev 1 i intervjuet.

Et siste eksempel for funnet «annerledes matematikk» er informant 47 (T) som forklarer hvordan prosjektets tema ikke var som forventet.

Har du noen meninger eller tanker knyttet til prosjektet Platonske legemer som du ønsker å dele:
Informant 47 (T): *Det virket veldig rart i starten at matte og kunst var knyttet sammen gjennom disse helt nye formene jeg ikke hadde hørt så mye om fra før av, og at det i tillegg var så mye å si om de ulike formene. (...) Jeg forventet mer at vi skulle ha om vinkler og arkitektur siden det har mye med matte og kunst/arkitektur å gjøre.*

Eleven setter ord på at det virket rart at matematikk og kunst kunne knyttes sammen av de platonske legemene. Eleven forklarer at vinkler og arkitektur føltes som en mer «naturlig» kobling mellom de to fagene. Det er mulig at flere elever hadde samme opplevelse da hele 36 elever peker på enten arkitektur, vinkler eller målestokk som en sammenheng mellom matematikk og kunstfag. Dette kan på samme tid forstås som mer triviell kunnskap om sammenhengene mellom fagene. Det viser seg å være mulig å si mye mer om sammenhenger mellom fagene enn det jeg selv var klar over før jeg gikk i gang med masteroppgaven. Men disse koblingene er åpenbart ukjent for elevene, og samtidig mange lærere (meg inkludert). Dette funnet illustrerer også noe av utfordringen med tverrfaglig arbeid generelt. Det tar utgangspunkt i nye, ukjente tematikker som elevene, ut fra mine funn, er mottagelige for i ulik grad.

6.2 Struktur og bevis

Et annet hovedfunn ved analysen er at enkelte elever synes det var interessant å lære om oppbygningen til de platonske legemene og at det kun eksisterer fem av dem.

6.2.1 Oppbygning av de platonske legemene

4 av informantene som svarte på spørreskjemaet pekte på at det var interessant å se og forstå hvordan de platonske legemene er bygd opp. Disse svarene er referanser for koden **matematikk og kunst** på spørsmål 6 og koden **platonske legemer** på spørsmål 8. Det interessante er at de elevene som påpeker dette kategoriseres enten som nøytral+ eller negativ+. Altså har de blandede erfaringer knyttet til matematikk, men påpeker at det var spennende å se hvordan de platonske legemene er satt sammen og bygd opp.

Spørsmål 6. Nevn to ting du likte godt ved å jobbe med prosjektet Platonske legemer:

Informant 26 (P): *Det jeg likte godt var å forstå de ulike figurene og sette de sammen. Det var kjekt å lære og se hvordan de blir bygd opp sånn.*

Informant 30 (P): *Jeg likte å bygge platonske legemer fra bunnen til topp. Det var fascinerende å se hvordan figurene var bygget opp.*

Informant 42 (P)*: Det å se de ulike formene, og måten de var satt sammen og hvordan alt hang sammen, måten figurene er avhengige av hverandre.*

Spørsmål 8. Fortell om noe nytt du har lært om matematikk fra prosjektet:

Informant 32 (T): *Hvordan alt henger sammen. At matematikken gjør at de [platonske legemene] er sånn som de er.*

Det som er spennende med dette funnet er at elevene til en viss grad har opplevd å være «mønstersniffere» (Wæge & Nosrati, 2015). Slik som informant 32 (T) forklarer (se del 5.2.3) gjør matematikken at de platonske legemene «er slik som de er». I de andre besvarelsene trekkes dette frem som en ting de likte godt ved å jobbe med prosjektet. Det uttrykkes en fascinasjon og glede i det å forstå hvordan de platonske legemene er bygget opp.

En forklaring på at disse elevene har likt å lære om oppbygningen av de platonske legemene kan komme av den kunstfaglige interessen. Det bekrefter til en viss grad hypotesen om at elever med en kunstfaglig interesse vil kunne sette pris på å lære om matematikk ved hjelp av visuelle virkemidler og konkreter. Selv om disse utsagnene i seg selv ikke betyr at elevene har et relasjonelt syn på matematikk, så viser elevene en forståelse for at matematikk kan beskrive og knyttes til de platonske legemene. Som Wæge og Nosrati (2015) peker på vil elever kunne *utvikle* relasjonell forståelse i matematikk ved å diskutere sammenhenger mellom ulike typer representasjoner. I det tverrfaglige prosjektet har de fått arbeide med visuelle, konkrete representasjoner som en måte for å forstå strukturen i de platonske legemene (NCTM, 2014). Det er også relevant å legge merke til at 3 av de 4 elevene som spesifikt nevnte oppbygningen av de platonske legemene tar P-matematikk.

6.2.2 Det finnes kun 5 platonske legemer

9 elever peker på at det også var interessant at det kun finnes fem platonske legemer. Disse svarene er inkludert i kodene **det finnes bare 5 platonske legemer** på både spørsmål 8 og 9, mens en informant skrev om dette i spørsmål 6 og er inkludert i koden **matematikk og kunst**. Disse elevene er kategorisert i gruppene positiv+, positiv, nøytral+ og negativ+. Det er med andre ord stor spredning i hvilke elever som har påpekt at dette var et spennende poeng.

Elev 3 og 5 i intervjuet påpeker det samme og forklarer at det var spennende å lære at det kun fantes fem legemer og at disse regnes som «perfekte». Elev 3 forklarer: «ja, jeg hadde regnet med at det var mye mer enn det. At det kun var ned til fem, det var litt kult.» Men hvorfor er det interessant at elevene sier at det bare finnes 5 platonske legemer? Først og fremst fordi det kommer fra et geometrisk bevis. Jeg var i utgangspunktet skeptisk til om det blant annet ville være for vanskelig, for P-elevene spesielt, å følge resonnementet i beviset. Av de 9 responsene er det 2 elever som tar P-matte og 7 som tar T-matte, så dette kan se ut til å stemme. En nyanse resultatene likevel ikke sier noe om er hvorvidt elevene har forstått beviset eller om de har fått med seg selve faktumet at det bare finnes fem platonske legemer.

Uavhengig av hvilket læringsutbytte elevene sitter igjen med, viser dette seg å være en relevant og spennende tematikk i det tverrfaglige møtet mellom fagene. Elevene har erfart at matematikk beskriver og kan «bestemme» hvorfor det kun kan eksistere fem platonske legemer som illustrerer hvordan regler i matematikk bidrar til å skape systemer og struktur i geometri (Brown, 2002). Jeg mener dette også demonstrerer at geometri og tematikken rundt de platonske legemene er en hensiktsmessig og spennende kobling mellom fagene (Bruter, 2002).

6.3 Matematikk og kunst henger sammen

Et annet funn analysen antyder er at elevene har sett flere sammenhenger mellom fagene matematikk og kunst gjennom prosjektet. Det interessante er at det matematiske og kunstfaglige i oppgaven ikke skilles fra hverandre. Denne tendensen kan vi se for kodene i spørsmål 8 og 9, der elevene skal skrive hva de har lært om matematikk og kunstfag fra prosjektet. Her skriver elevene om de samme tingene for begge fag, som for eksempel **platonske legemer** og **det finnes bare 5 platonske legemer** som er store koder for begge spørsmålene. Dette tyder på at elevene ikke nødvendigvis klarer å skille det de har lært fra prosjektet inn i ulike karakteristikker for de to fagene. Det glir mer inn i hverandre. På ene siden kan det argumenteres for at jeg som lærer kunne hatt et større fokus på matematikkens egenart og hva som skiller de to disiplinene, slik som Williams og Roth (2019) løfter frem i sammenheng med *metadisiplinaritet*. På den måten kunne kanskje elevene i større grad gjenkjenne hva som er det matematiske i prosjektet og i andre sammenhenger, uten at det forveksles med andre fag (Williams & Roth, 2019). På andre siden kan det argumenteres for at prosjektarbeidet med tematikken platonske legemer fungerer i et tverrfaglig samarbeid. Med tanke på at det er glidende overganger og at elevene peker på de samme elementene fra prosjektet som sentrale ting de har lært i begge fag kan det bety at prosjektet har fungert som en interdisiplinær aktivitet (Nicolescu, 2005).

For koden **matematikk i kunst** på spørsmålene 8 og 9 gir elevene også beskrivelser om hvordan de har opplevd at matematikk og kunst henger sammen. På spørsmål 9 er det hele 16 elever (likt fordelt mellom P- og T-matte) som forteller at de har lært at man bruker mye matematikk i kunst, at kunstnere bruker matte i kunst og at kunst er mer matematikk enn man hadde trodd.

6.3.1 Matematikk i kunst og kunst i matematikk

Et interessant funn fra elevenes beskrivelser i **matematikk i kunst**, er at de peker på hvordan det er mer matematikk i kunst enn man hadde trodd. Dette går derimot ikke motsatt retning (for de aller fleste elevene), at de ser elementer ved kunstfagene som en del av matematikk.

Dette kan forstås ut fra hvilke oppfatninger elevene har om kunstfag. I 5.1.2 beskrives det beste med kunstfag at det er *forskjellig* fra de egenskapene som er mest betegnende for matematikk. Dette illustrerer nok en gang det utfordrende aspektet ved tverrfaglig undervisning. Som Brown (2002) påpeker har kunsten et fotfeste i følelser og emosjoner. Det gjenspeiler seg i denne studien ved elevenes ønske om å uttrykke seg selv gjennom kunst. Intensjonen med matematikk derimot handler i størst grad om å kunne beskrive og generalisere ulike fenomen.

Størsteparten av elevene i utvalget har også en tanke om at matematikk er vanskelig, at det er mye å huske og helst skal gå fort. Med andre ord vil oppfatningen om at matematikk også kan handle om å være kreativ være et stort sprang og igjen en annerledes matematikk fra det elevene kjenner fra før. Unntaket er blant annet elev 32 i oppbygning for platonske legemer, som forklarer «at matematikken gjør at de [platonske legemene] er som de er». Dette er et godt eksempel på hvordan noen av elevene har erfart at det også er kunst i matematikk.

6.3.2 Endret syn

I tillegg til at elevene ser flere sammenhenger mellom matematikk og kunst, så har det bidratt til å endre enkelte av elevenes syn på matematikk og/eller kunstfag. Som jeg presenterte i del 5.1.4 har elevenes oppdagelse om at matematikk og kunst henger sammen trigget en endring i noens syn på begge fagene, mens det for andre ikke har ført til noen endring som sådan. På samme måte som Di Martino og Zan (2010) argumenterer for at den samme oppfatningen kan føre til ulik oppførsel eller følelser hos ulike individ, peker analysen på at den samme erfaringen har ført til ulike syn hos elevene i utvalget. Dette kan på ene siden handle om at elevene tolker spørsmålet om hvorvidt de har fått forandret sitt syn på ulike måter. Kanskje noen elever mener det krever mer for å endre sitt syn på fagene. På andre siden kan det være at erfaringen «matte og kunst henger sammen» har ført til at noen mener synet sitt er forandret mens dette ikke har samme innvirkning på andre. Vi ser samme trenden i 5.2 i elevportrettene, som ble diskutert i 6.1.

Det er likevel et poeng at majoriteten av utvalget som svarte på spørreskjemaet, enten svarte nei eller vet ikke for om de hadde fått forandret syn på matematikk. Dette tyder på at man med de fleste elever vil måtte arbeide over lengre tid med fokus på å fremme positive oppfatninger og holdninger til matematikk. Som man kan se fra Hannula (2002) sin studie tok det opp mot et halvt år for elever å endre sine holdninger til det positive. Det er også viktig å påpeke at dette er en pågående prosess, da holdninger vil kunne skapes og endres gjennom hele livet (Di Martino & Zan, 2010; Hannula, 2002; McLeod, 1992). I tillegg er det viktig å minne om at integrasjonen med andre fag er det ene grepet jeg har valgt å undersøke i denne studien. Det med en hypotese om at prosjektarbeider vil kunne bidra til blant annet å fremme positive oppfatninger om matematikk (Mellin-Olsen, 1981). Som resten av forskningslitteraturen peker mot kan også andre aktiviteter som fokuserer på matematiske prosesser, slik som problemløsnings- eller modelleringsoppgaver, være verdifulle strategier for å forebygge og overkomme negative holdninger (Di Martino & Zan, 2010; Kislenko, 2009; Liljedahl & Hannula, 2016)

6.4 Evaluering av det tverrfaglige prosjektet

En stor del av denne studien har også handlet om å designe og prøve ut et tverrfaglig prosjekt med matematikk. Derfor vil jeg også drøfte det tverrfaglige prosjektet i lys av resultater og tidligere forskning.

En av utfordringene er presentasjonen, som var tenkt å legge til rette for matematiske diskusjoner. Denne svakheten illustreres også i spørsmål 7 i tabell 5.4 ved at majoriteten av elevene som svarte på spørreskjemaet ikke likte presentasjonen. Dette bekrefter den tidligere forskningen på elevers holdninger knyttet til undervisningspraksis og hvor viktig det er med variasjon, utfordringer og samarbeid i matematiske aktiviteter der elevene selv er aktive (Postholm & Jacobsen, 2018). Dette kunne vært bedre tilrettelagt med en oppdeling av presentasjonen i mindre deler. Det burde også vært større muligheter for elevene å arbeide undersøkende med tematikken. Beviset, som tydeligvis interesserte elevene, kunne hatt en større plass. For det første kunne man innledningsvis sett på noen enklere bevis (sum i en trekant og mangekant) for å senke terskelen for bevisføring. I tillegg kunne elevene i større grad blitt inkludert og utfordret på å gjøre beviset for de fem platonske legemene sammen med meg og medelever i en helklassesituasjon.

I tillegg er tidsmangel en utfordring. Flere elever skrev i sin besvarelse at det var for liten tid til å fullføre prosjektoppgaven. Det handlet både om at de gjerne ville jobbe lengre med tegningen for å bli helt ferdig og mer fornøyd med eget produkt. Andre elever ønsket mer tid fordi de likte prosjektet. En løsning er å kjøre prosjektet over en lengre periode, som var et konkret forslag fra noen av elevene. En annen er å gjøre oppgaven mindre omfattende. Det å lage en prosjektoppgave som både inkluderer platonske legemer og å lage en perspektivtegning er å gape over mye på en gang. Som Bolstad (2020) trekker frem kan en utfordring ved tverrfaglig arbeid være at små biter av fagene trekkes inn, og skaper overfladisk læring og ikke dybdelæring. Selv om analysen ikke sier noe om hvilken type læring prosjektarbeidet bidro til, så er dette også et argument for at prosjektoppgaven kunne vært begrenset til ett av disse temaene.

7 Avslutning

Her vil jeg sammenfatte funnene som er gjort i studien, besvare problemstillingen og peke på hvilken betydning dette har for læreres praksis i klasserommet og videre forskning. En del av resultatene og funn handler også om nye erfaringer i å designe og gjennomføre et tverrfaglig prosjekt.

7.1 Svar på problemstilling

Målet for studien var å undersøke om et tverrfaglig prosjekt kunne fremme elevers positive holdninger til matematikk og matematikkundervisning. For det første har det vist seg å være vanskelig å si noe om *holdningsendringer.* Det er både knyttet til at det tverrfaglige prosjektet kun foregikk over en uke, men også fordi spørsmålene i spørreskjemaet i større grad sier noe om elevers endringer i *syn på matematikk*.

Det som er mest fremtredende i resultatene er at elevene har opplevd at matematikken i det tverrfaglige prosjektet var annerledes. For enkelte elever, spesielt de som ytret positive holdninger og har et relasjonelt syn på matematikk fra før, skriver at dette har endret deres oppfatning om hva matematikk er. Sammenhengene mellom fagene og opplevelsen av matematikk i en ny kontekst har gjort at de ser hvordan matematikk kan være mer enn «tall» og «formler og regler».

For majoriteten av elevene har det ikke skjedd noen endring i deres syn på matematikk. Dette kan henge sammen med at de allerede har et instrumentelt syn på faget, som står i stor kontrast til et arbeid med struktur og mønster i platonske legemer. For noen av disse elevene virker det vanskelig å forstå at man i det hele tatt har arbeidet med matematikk i prosjektet. Som jeg innledet oppgaven med (se kapittel 1) er de fleste elever vant med at matematikk er synonymt med tall, utregninger og regler. Som resultatene tyder på kan derfor et møte med matematikk i form av geometriske figurer oppleves som et stort sprang. Dette peker på utfordringen og behovet for å tilpasse undervisningen slik at det hjelper elevene til å knytte matematikk i den nye konteksten til slik de kjenner faget fra før. Ønsket er at elevene skal forstå at det matematiske i prosjektet er annerledes matematikk, og ikke kun noe «annerledes».

Resultatene og dette funnet spesielt illustrerer at presentasjonen og selve gjennomføringen av prosjektet kunne vært bedre. Ideelt sett skulle jeg ønske at prosjektet kunne vært mer interaktivt og dialogisk med elevene enn det ble. De spesielle omstendighetene med covid-19 satte sitt spor også i denne oppgaven ved at mye av undervisningen måtte foregå på skjerm. Som elevene peker på var det slitsomt å følge undervisningen digitalt, i tillegg til at det kunne bli mye teori og stoff på en gang.

Utover dette tyder resultatene på at det tverrfaglige prosjektet har vært vellykket i forhold til valg av tema og knyttet til elevenes respons. Det tverrfaglige prosjektet har bidratt til at elevene ser flere sammenhenger mellom fagene, og at de har lært nye ting som er relevant for begge fag. En gruppe elever syntes det var interessant å lære om oppbygningen av de platonske legemene. Det viser både hvordan tematikken kan åpne for diskusjoner rundt mønster og struktur i konkreter, i tillegg til at dette interesserer elevene. En rekke elever synes også det var spennende å lære hvordan matematikk kan fastslå at det bare finnes 5 platonske legemer. Det peker på potensialet ved å anvende bevis i undervisningen.

For noen har det tverrfaglige prosjektet på andre siden endret synet deres på kunstfag. Noen av disse elevene forklarer at de gjerne vil bruke mer matematikk i sin egen kunst fremover og at det har åpnet øynene deres for interessante elementer ved kunstfaget. Det tyder på at prosjektet også har vært vellykket fra et kunstfaglig perspektiv og illustrerer hvordan en integrasjon av fagene har vist elever at matematikk har anvendelse i kunst.

7.2 Didaktiske implikasjoner og videre forskning

Ved å velge en kvalitativ metode for å besvare problemstillingen er overførbarheten for denne studien begrenset (Johnson, 2013). Elevene som deltok i studien kunne antas å ha positive holdninger og en interesse for kunstfagene fra før, noe som også fremsto i resultatene. Dermed vil disse elevene med stor sannsynlighet oppføre seg annerledes i det tverrfaglige prosjektet enn en elevgruppe i kunst og håndverk på grunnskolen, der dette ikke er et valgfag. Det danner seg til en viss grad også et skille mellom 1P og 1T elevene i responsen på prosjektet. Elever som tar 1T viste større interesse for det matematiske beviset i prosjektet, mens elever som tar 1P var mer begeistret for oppbygningen av de platonske legemene. Av den grunn hadde det vært interessant å gjøre et lignende prosjekt i en annen elevgruppe enn de som deltok i denne studien. Dermed bør det følgelig også gjøres tilpasninger knyttet til valg av aktivitet og tema ut fra om prosjektet gjennomføres i en kunstfagklasse, kunst og håndverks-klasse eller for elever i 1P eller 1T.

Studien belyser også hvor viktig det er å «bygge bro» mellom den oppfatningen elever har om matematikk fra før og det de vil møte i et tverrfaglig prosjekt. På ene siden viser studien at et tverrfaglig fokus kan bidra til å endre oppfatninger. Flere elever ser at matematikk kan brukes utenfor matematikk-klasserommet og har et fotfeste i kunst. Dette samsvarer med Østergaard (2018) som mener at et økt fokus på matematikk som disiplin, med andre fag og i verden vil kunne påvirke ens oppfatning om fagets relevans. Utfordringen ligger i at dette stort sett gjelder elever som allerede har et relasjonelt syn på matematikk.

De fleste elevene har vanskelig for å se på matematikk som en annerledes disiplin når det presenteres i en helt ny setting. Dette gjelder stort sett elever med instrumentelt syn, lav oppfattet kompetanse og/eller negative følelser knyttet til matematikk. Et mål for tverrfaglig undervisning er selvsagt at det skal oppleves meningsfylt for alle elever, men kanskje spesielt for de elevene som fra før ikke trives i matematikklasserommet. Studien viser at alle elevene fant noe de likte ved oppgaven, som illustrerer styrken ved tverrfaglige prosjekter. Det knytter seg stort sett til det kunstfaglige, mens noen også skriver at det var gøy å arbeide med matematikken i prosjektet. I den sammenheng kunne det være interessant å gå mer i dybden på hva med prosjektet som bidro til opplevelsen av at det var kjekt å arbeide med matematikk, hva som var vanskelig å forstå og *hvordan* man kan fremme positive holdninger for elever med negative holdninger.

I tillegg vil jeg understreke hvor viktig det er at elever opplever mestring. I dette tverrfaglige prosjektet har fokuset i størst grad vært på dimensjonen *syn på matematikk*, men det kan hende at et økt fokus på *oppfattet kompetanse* hadde vært hensiktsmessig. Noe som fremstår i studien er at elever synes matematikk er vanskelig og knytter sine følelser og holdninger i stor grad til mestringsforventninger (Di Martino & Zan, 2010). På samme måte som for matematikkhistoriene i Di Martino og Zans (2009) studie, er koblingen mellom det emosjonelle og oppfattet kompetanse såpass tett at de omtrent blir brukt som synonymer. For å ytterligere fremme positive holdninger og opplevelser i faget tror jeg det bør være et økt fokus på å endre oppfatningen om hva det vil si å lykkes i faget (Di Martino & Zan, 2010).

Det tverrfaglige prosjektet er kun ett av flere grep som kan bidra til å fremme positive holdninger. Det har også sin begrensning i at det setter fokus på matematikk i en ny setting for en kortere periode. Derfor vil jeg argumentere for at en slik overgang fra produktorientert (pugging og gode karakterer på en prøve) til prosessorientert matematikk bør implementeres generelt i undervisningen.

Holdningsmodellen for studien har jeg videre opplevd som en god «arbeidsdefinisjon» for holdninger. De tre dimensjonene og spørsmål slik som «liker eleven matematikk» eller «har eleven tro på egne evner i faget» er lett overførbare til klasserommet. Arbeidet med holdninger i masterprosjektet har på den måten gitt meg erfaringer og kunnskap som jeg kommer til å ta med meg og anvende i egen yrkesutøvelse.

Studien illustrerer også hva som inngår i å utvikle et nytt tverrfaglig prosjekt. For det første krever det et engasjement fra den enkelte lærer eller skole. I dette tilfelle har egen interesse for begge emner motivert i tillegg at det ble lagt til rette for med et engasjement og ønske om samarbeid fra læreren som deltok og stilte sine klasser til disposisjon for studien.

Som nevnt innledningsvis har matematikkfaget ofte blitt et «redskapsfag» for tverrfaglige prosjekter (Roth, 2014). Denne studien synliggjør utfordringen med å anvende kompetansemål i matematikk fellesfag på Vg1 for tverrfaglige prosjekt, da disse er svært annerledes fra andre fag. På samme måte som Roth (2014) påpeker viser denne studien at utviklingen av tverrfaglige prosjekter i stor grad handler om å finne nye mål og tema, som skal kunne engasjere og samtidig belyse relevant og sentralt innhold for begge fag. Det peker også på behovet for ytterligere forskning på hvordan matematikk best mulig kan inkluderes i tverrfaglige prosjekt (Doig & Willams, 2019).

Litteraturliste

Babaci-Wilhite, Z. (2019). *Promoting language and steam as human rights in education*. Springer Berlin Heidelberg.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control.* (s. ix, 604). W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.

Bandura, A. (2012). On the Functional Properties of Perceived Self-Efficacy Revisited. *Journal of Management*, *38*(1), 9–44. https://doi.org/10.1177/0149206311410606

Befring, E. (2015). Vitenskapelige tradisjoner og verdier. I *Forskningsmetoder i utdanningsvitenskap* (s. 20–27). Cappelen Damm akademisk.

Bentsen, J. H. (2013). *Sterke og svake elevers holdninger til matematikk: En analyse av spørreskjemadata fra PISA 2012* [Masteroppgave]. Universitetet i Oslo.

Blikstad-Balas, M. (2017). Key challenges of using video when investigating social practices in education: Contextualization, magnification, and representation. *International Journal of Research & Method in Education*, *40*(5), 511–523. https://doi.org/10.1080/1743727X.2016.1181162

Boaler, J. (2016). *Mathematical mindsets: Unleashing students' potential through creative math, inspiring messages, and innovative teaching*. Jossey-Bass & Pfeiffer Imprints.

Bolstad, B. (2020, januar 21). *Hva er flerfaglig og tverrfaglig undervisning?* FIKS - Forsknings, innovasjon og kompetanseutvikling i skolen. https://www.uv.uio.no/forskning/satsinger/fiks/kunnskapsbase/tverrfaglighet/hva/index.html

Borlaug, K., & Hovet, O. (2020, mai 14). *Bioinformatikk*. Store norske leksikon. https://snl.no/bioinformatikk

Brown, R. (2002). *Mathematics and Art: Mathematical Visualization in Art and Education*. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04909-9

Bruter, C. P. (Red.). (2002). *Mathematics and Art: Mathematical Visualization in Art and Education*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04909-9

Creswell, J. W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions*. Sage.

Dalen, M. (2011). *Intervju som forskningsmetode: En kvalitativ tilnærming* (2. utg). Universitetsforlaget.

DeBellis, V. A., & Goldin, G. A. (1999). Aspects of affect: Mathematical intimacy, mathematical integrity. *PME CONFERENCE*, *2*, 2–249.

Devlin, K. J. (1994). *Mathematics, the science of patterns: The search for order in life, mind, and the universe*. Scientific American Library.

Dewilde, J. (2019). Ethnography. I M. Lambert (Red.), *Practical research methods in education: An early researcher's critical guide* (s. 114–123).

Di Martino, P., & Zan, R. (2007). Attitude Toward Mathematics: Overcoming the Positive/Negative Dichotomy. *The Montana Mahtematics Enthusiast*, *3*, 157–168.

Di Martino, P., & Zan, R. (2009). 'Me and maths': Towards a definition of attitude grounded on students' narratives. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *13*(1), 27–48. https://doi.org/10.1007/s10857-009-9134-z

Di Martino, P., & Zan, R. (2010). 'Me and maths': Towards a definition of attitude grounded on students' narratives. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *13*(1), 27–48. https://doi.org/10.1007/s10857-009-9134-z

Di Martino, P., & Zan, R. (2015). The Construct of Attitude in Mathematics Education. I B. Pepin & B. Roesken-Winter (Red.), *From beliefs to dynamic affect systems in mathematics education: Exploring a mosaic of relationships and interactions* (s. 51–72). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06808-4_3

Di Martino, P., & Zan, R. (2019). Students' Attitude in Mathematics Education. I S. Lerman (Red.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (s. 1–5). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77487-9_146-4

DiMartino, P., & Zan, R. (2011). Attitude towards mathematics: A bridge between beliefs and emotions. *ZDM*, *43*(4), 471–482. https://doi.org/10.1007/s11858-011-0309-6

Doig, B., & Willams, J. (2019). Conclusion to Interdisciplinary Mathematics Education. I B. Doig, J. Williams, D. Swanson, R. Borromeo Ferri, & P. Drake (Red.), *Interdisciplinary Mathematics Education* (s. 299–302). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11066-6_19

Dorier, J.-L., & Maass, K. (2020). Inquiry-Based Mathematics Education. I S. Lerman (Red.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (s. 384–388). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_176

Drake, S. M., & Burns, R. C. (2004). *Meeting standards through integrated curriculum*. Association for Supervision and Curriculum Development.

Eccles, J. S., & Wigfield, A. (1995). In the Mind of the Actor: The Structure of Adolescents' Achievement Task Values and Expectancy-Related Beliefs. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *21*(3), 215–225. https://doi.org/10.1177/0146167295213003

Emerson, R. M., Fretz, R. I., & Shaw, L. L. (2011). Processing fieldnotes: Coding and memoing. I *Writing ethnographic fieldnotes* (2nd ed, s. 171–199). The University of Chicago Press.

Ernest, J. B., & Nemirovsky, R. (2016). Arguments for Integrating the Arts: Artistic Engagement in an Undergraduate Foundations of Geometry Course. *PRIMUS*, *26*(4), 356–370. https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1123784

Espedal, L. I. (2013). *Et tverrfaglig møte mellom kunst og håndverk og matematikk—En studie i å visualisere matematiske teorem* [Masteroppgave]. Høgskolen i Telemark.

Everett, E. L., & Furseth, I. (2012). *Masteroppgaven: Hvordan begynne—Og fullføre* (2. utg.). Universitetsforlaget.

Fangen, K. (2011). Deltagende observasjon. I A.-M. Sellerberg (Red.), *Mange ulike metoder* (s. 37–56). Gyldendal akademisk.

Firebaugh, G. (2008). Ch. 1: The first rule. There should be the possibility of surprise in social research. I *Seven rules for social research*. Princeton University Press.

Gillis, D., Nelson, J., Driscoll, B., Hodgins, K., Fraser, E., & Jacobs, S. (2017). Interdisciplinary and Transdisciplinary Research and Education in Canada: A Review and

Suggested Framework. *Collected Essays on Learning and Teaching*, *10*, 203–222. https://doi.org/10.22329/celt.v10i0.4745

Gottfried, A. E., Marcoulides, G. A., Gottfried, A. W., & Oliver, P. H. (2013). Longitudinal Pathways From Math Intrinsic Motivation and Achievement to Math Course Accomplishments and Educational Attainment. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, *6*(1), 68–92. https://doi.org/10.1080/19345747.2012.698376

Grigutsch, S. (1998). On pupils' vievs of mathemativs and self-concept: Developments, structures and factors of influence. I E. Pehkonen & G. Törner (Red.), *The state-of-art in mathematics-related belief research. Results of the MAVI activities* (s. 169–197).

Grønmo, S. (2016). Kap. 12: Strukturert utspørring. I *Samfunnsvitenskapelige metoder* (s. 191–211). Fakbokforlaget.

Hannula, M. S. (2002). Attitude Towards Mathematics: Emotions, Expectations and Values. *Educational Studies in Mathematics*, *49*(1), 25–46. https://doi.org/10.1023/A:1016048823497

Hannula, M. S. (2006). Affect in Mathematical Thinking and Learning: Towards Integration of Emotion, Motivation, and Cognition. I J. Maasz & W. Schlöglmann (Red.), *New Mathematics Education Research and Practice* (s. 209–232). Sense.

Hannula, M. S. (2014). Affect in Mathematics Education. I S. Lerman (Red.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (s. 23–27). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4978-8_174

Hannula, M. S., Di Martino, P., Pantziara, M., Zhang, Q., Morselli, F., Heyd-Metzuyanim, E., Lutovac, S., Kaasila, R., Middleton, J. A., Jansen, A., & Goldin, G. A. (2016). Attitudes, Beliefs, Motivation, and Identity in Mathematics Education: An Overview of the Field and Future Directions. I M. S. Hannula, P. Di Martino, M. Pantziara, Q. Zhang, F. Morselli, E. Heyd-Metzuyanim, S. Lutovac, R. Kaasila, J. A. Middleton, A. Jansen, & G. A. Goldin, *Attitudes, Beliefs, Motivation and Identity in Mathematics Education* (s. 1–35). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32811-9_1

Hardy, G. H. (1940). *A mathematician's apology*. Cambridge University Press.

Hsieh, H.-F., & Shannon, S. E. (2005). Three Approaches to Qualitative Content Analysis.

Qualitative Health Research, *15*(9), 1277–1288. https://doi.org/10.1177/1049732305276687

Husman, J., Pitt Derryberry, W., Michael Crowson, H., & Lomax, R. (2004). Instrumentality, task value, and intrinsic motivation: Making sense of their independent interdependence. *Contemporary Educational Psychology*, *29*(1), 63–76. https://doi.org/10.1016/S0361-476X(03)00019-5

Jensen, F., & Nortvedt, G. A. (2013). Kap. 4: Holdninger til matematikk. I M. Kjærnsli & R. V. Olsen (Red.), *Fortsatt en vei å gå norske elevers kompetanse i matematikk, naturfag og lesing i PISA 2012* (s. 97–117). Universitetsforlaget.

Johnson. (2013). Ch. 11: Validity of Research Results in Quantitative, Qualitative and Mixed Research. I Johnson & L. Christensen (Red.), *Educational Research: Quantitative, Qualitative, and Mixed Approaches* (s. 277–316). Sage.

Johnson, G. (2019). The Synchronicity of Art and Mathematics. I Z. Babaci-Wilhite (Red.), *Promoting Language and STEAM as Human Rights in Education* (s. 189–200). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2880-0_13

Kislenko, K. (2009). «Mathematics is a bit difficult but you need it a lot»: Estonian pupils' beliefs about mathematics. I J. Maaß & W. Schlöglmann (Red.), *Beliefs and Attitudes in Mathematics Education: New Research Results* (s. 143–163). Sense Publishers.

Kjærnsli, M., Lie, S., Olsen, R. V., Roe, A., & Turmo, A. (2004). *Rett spor eller ville veier? Norske elevers prestasjoner i matemtikk, naturfag og lesing i PISA 2003*. Universitetsforlaget.

Kleven, T. A., Tveit, K., & Hjardemaal, F. (2011). *Innføring i pedagogisk forskningsmetode: En hjelp til kritisk tolking og vurdering*.

Kobayashi, V. N. (2019). Reflections on STEAM in Education. I Z. Babaci-Wilhite (Red.), *Promoting Language and STEAM as Human Rights in Education* (s. 177–187). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2880-0_12

Kunnskapsdepartementet. (2020a). *Læreplan i matematikk fellesfag Vg1 praktisk* (Nr. MAT08-01). Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. https://www.udir.no/lk20/mat08-01/kompetansemaal-og-vurdering/kv31?lang=nno

Kunnskapsdepartementet. (2020b). *Læreplan i matematikk fellesfag Vg1 teoretisk* (Nr. MAT09-01). Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. https://www.udir.no/lk20/mat09-01/kompetansemaal-og-vurdering/kv42?lang=nob

Kunnskapsdepartementet. (2020c). *Overordnet del—Verdier og prinsipper for grunnopplæringen.* Fastsatt som forskrift ved kongelig resolusjon. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020.

Kvale, S., & Brinkmann, S. (2009). *Det kvalitative forskningsintervju* (J. Rygge & T. M. Anderssen, Overs.). Gyldendal akademisk.

Kaarstein, H., & Nilsen, T. (2016). 4 Motivasjon. I O. K. Bergem, H. Kaarstein, & T. Nilsen (Red.), *Vi kan lykkes i realfag* (1. utg.). Universitetsforlaget. https://doi.org/10.18261/97882150279999-2016-05

Larsen, A. K. (2017). Analyse av data & Tolkning av data. I *En enklere metode veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode* (2. utg., s. 113–126). Fagbokforlaget.

Liljedahl, P., & Hannula, M. S. (2016). Research on Mathematics-Related Affect: Examining the structures of affect and taking the social turn. I Á. Gutiérrez, G. C. Leder, & P. Boero (Red.), *The second handbook of research on the psychology of mathematics education: The journey continues* (s. 417–446). Sense Publishers.

Liljedahl, P., Malaspina, U., Santos-Trigo, M., & Bruder, R. (2016). *Problem solving in mathematics education*. Springer Berlin Heidelberg.

Lindgren, S. (2011). Tekstanalyse. I A.-M. Sellerberg & K. Fangen (Red.), *Mange ulike metoder* (s. 266–279). Gyldendal akademisk.

Ma, X., & Kishor, N. (1997). Assessing the Relationship between Attitude toward Mathematics and Achievement in Mathematics: A Meta-Analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, *28*(1), 26–47. JSTOR. https://doi.org/10.2307/749662

Marsh, H. W., & Martin, A. J. (2011). Academic self-concept and academic achievement: Relations and causal ordering: Academic self-concept. *British Journal of Educational Psychology*, *81*(1), 59–77. https://doi.org/10.1348/000709910X503501

Mathison, S., & Freeman, M. (1998). *The Logic of Interdisciplinary Studies. Report Series*

2.33. https://eric.ed.gov/?id=ED418434

McLeod, D. B. (1992). Research on Affect in Mathematics Education: A Reconceptualization. I D. A. Grouws (Red.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (s. 575–596). Macmillan Publishing Company.

Mellin-Olsen, S. (1981). Instrumentalism as an educational concept. *Educational Studies in Mathematics*, *12*, 351–367.

Melo, S. M., & Pinto, M. M. F. (2007). Exploring students' mathematics-related self-image as learners. I *Proceedings of PME 31* (s. 257–263).

Michelsen, C., Beckmann, A., Freiman, V., & Jankvist, U. (Red.). (2018). *Contributing to Students' Perception of The Relevance and Application of Mathematics by Focusing on Their Mathematics-Related Beliefs*. LSUL, University of Southern Denmark.

Middleton, J. A., & Jansen, A. (2011). *Motivation matters and interest counts: Fostering engagement in mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.

Moss, D. M., Osborn, T. A., & Kaufman, D. (Red.). (2008). *Interdisciplinary education in the age of assessment*. Routledge.

Moyer, P. S. (2001). Are We Having Fun Yet? How Teachers Use Manipulatives to Teach Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, *47*(2), 175–197. https://doi.org/10.1023/A:1014596316942

Nardi, E., & Steward, S. (2003). Is Mathematics T.I.R.E.D? A Profile of Quiet Disaffection in the Secondary Mathematics Classroom. *British Educational Research Journal*, *29*(3), 345–366. https://doi.org/10.1080/01411920301852

Nasjonalt senter for kunst og kultur i opplæringen. (2020, desember 10). *Å visualisere matematikk*. https://kunstkultursenteret.no/ressursbase/a-visualisere-matematikk/

NCTM. (2014). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. NCTM, National Council of Teachers of Mathematics.

Nicolescu, B. (2005). Towards transdisciplinary education. *The Journal for Transdisciplinary Research in Southern Africa*, *1*(1), 11. https://doi.org/10.4102/td.v1i1.300

NOU 2015: 8. (2015). *Fremtidens skole—Fornyelse av fag og kompetanser*. Kunnskapsdepartementet. https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-8/id2417001/sec2#KAP1-1

Patton, M. Q. (1999). Enhancing the Quality and Credibility of Qualitative Analysis. *Health Services Research*, *34*(5 pt 2), 1189–1208.

Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4. utg.). SAGE Publications, Inc.

Pepin, B. (2011). Pupils' attitudes towards mathematics: A comparative study of Norwegian and English secondary students. *ZDM*, *43*(4), 535–546. https://doi.org/10.1007/s11858-011-0314-9

Postholm, M. B., & Jacobsen, D. I. (2011). *Læreren med forskerblikk: Innføring i vitenskapelig metode for lærerstudenter*. Høyskoleforlaget.

Postholm, M. B., & Jacobsen, D. I. (2018). *Forskningsmetode for masterstudenter i lærerutdanning*. Cappelen Damm Akademisk Forlag.

Ranestad, K. (2005). *Platonske legemer i klasserommet*. Matematisk Institutt, Universitetet i Oslo.

Raphael, D., & Wahlstrom, M. (1989). The Influence of Instructional Aids on Mathematics Achievement. *Journal for Research in Mathematics Education*, *20*(2), 173. https://doi.org/10.2307/749281

Roth, W.-M. (2014). Interdisciplinary Approaches in Mathematics Education. I S. Lerman (Red.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (s. 317–320). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4978-8_82

Ryen, A. (2016). Ch. 3: Research Ethics and Qualitative Research. I D. Silverman (Red.), *Qualitative research* (4. utg., s. 31–46). Sage.

Rønning, F. (2004). Geometriske mønster i islamsk kunst. *Tangenten*, *2*, 15–20.

Santos-Trigo, M. (2020). Problem-Solving in Mathematics Education. I S. Lerman (Red.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (s. 686–693). Springer International Publishing.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_129

Silverman, D. (2011). *Interpreting qualitative data: A guide to the principles of qualitative research* (4. utg.). Sage.

Skemp, R. R. (1976). Relational Understanding and Instrumental Understanding. *Mathemaitcs Teaching*, *77*, 20–26.

Sowell, E. J. (1989). Effects of Manipulative Materials in Mathematics Instruction. *Journal for Research in Mathematics Education*, *20*(5), 498. https://doi.org/10.2307/749423

Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. Sage.

Stember, M. (1991). Advancing the social sciences through the interdisciplinary enterprise. *The Social Science Journal*, *28*(1), 1–14. https://doi.org/10.1016/0362-3319(91)90040-B

Steward, S., & Nardi, E. (2002). I Could Be the Best Mathematician in the World—If I Actually Enjoyed It: Part 2. *Mathematics Teaching*, *180*, 4–9.

Stipek, D. J. (2002). *Motivation to learn: Integrating theory and practice* (4. utg.). Allyn and Bacon.

Tikly, C., & Wolf, A. (Red.). (2000). *The maths we need now: Demands, deficits and remedies*. Institute of Education, University of London.

Tschudi-Madsen, S. (2021, januar 30). *Stilleben*. Store norske leksikon. https://snl.no/stilleben

Universitetet i Oslo. (2017, september 26). *Nettskjema-diktafon-appen*. https://www.uio.no/tjenester/it/adm-app/nettskjema/hjelp/diktafon.html

Universitetet i Oslo. (2021, februar 2). *Nettskjema*. https://www.uio.no/tjenester/it/adm-app/nettskjema/

Usher, E. L., & Pajares, F. (2008). Sources of Self-Efficacy in School: Critical Review of the Literature and Future Directions. *Review of Educational Research*, *78*(4), 751–796. https://doi.org/10.3102/0034654308321456

Utdanningsdirektoratet. (2016). *Læreplan i kunst og visuelle virkemidler* (Nr. KDA1-01).

Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2016. https://www.udir.no/kl06/KDA1-01/Hele/Kompetansemaal/kunst-og-visuelle-verkemiddel-1-#

Utdanningsdirektoratet. (2018). *Tverrfaglige temaer [Høring]*. https://hoering.udir.no/Hoering/v2/197?notatId=344

Utdanningsdirektoratet. (2021, mai 6). *Kunst, design og arkitektur*. https://www.udir.no/kl06/KD

vilbli.no. (2021, mai 6). *Kunst, design og arkitektur*. https://www.vilbli.no/nb/nb/no/kunst-design-og-arkitektur/program/v.kd

Waksvik, G., Mejlbo, K., & Ruud, M. (2021). Skoleflink og skolelei. *Utdanning*, *6*, 10–17.

Williams, J., & Roth, W.-M. (2019). Theoretical Perspectives on Interdisciplinary Mathematics Education. I B. Doig, J. Williams, D. Swanson, R. Borromeo Ferri, & P. Drake (Red.), *Interdisciplinary Mathematics Education* (s. 13–34). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11066-6_3

Williams, J., Roth, W.-M., Swanson, D., Doig, B., Groves, S., Omuvwie, M., Borromeo Ferri, R., & Mousoulides, N. (2016). *Interdisciplinary Mathematics Education*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42267-1

Wæge, K. (2007). *Elevenes motivasjon for å lære matematikk og undersøkende matematikkundervisning*. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Wæge, K., & Nosrati, M. (2015). *Sentrale kjennetegn på god læring og undervisning i matematikk*. Matematikksenteret. https://www.matematikksenteret.no/nettbutikk/sentrale-kjennetegn-på-god-læring-og-undervisning-i-matematikk

Wæge, K., & Nosrati, M. (2018). *Motivasjon i matematikk*. Universitetsforlaget.

Zawojewski, J., & Lesh, R. (2007). Ch. 17: Problem Solving and Modeling. I F. K. Lester & National Council of Teachers of Mathematics (Red.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (s. 763–804). Information Age Pub.

Østergaard, M. K. (2018). Contributing to Students' Perception of The Relevance and

Application of Mathematics by Focusing on Their Mathematics-Related Beliefs. I C. Michelsen, A. Beckmann, V. Freiman, & U. Jankvist (Red.), *Mathematics as a Bridge Between the Disciplines: Proceedings of MACAS - 2017 symposion* (s. 219–228). LSUL, University of Southern Denmark.

Østergaard, M. K. (2020). How to Design an Activity That Influences Middle School Students' Beliefs About Mathematics as a Discipline. I C. Andrà, D. Brunetto, & F. Martignone (Red.), *Theorizing and Measuring Affect in Mathematics Teaching and Learning* (s. 101–110). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50526-4_10

Oversikt over figurer og tabeller

Tabeller

Figurer

Vedlegg

Vedlegg 1: Oppgavetekst «Polyedre: Platonske legemer».

Vedlegg 2: Informasjonsskriv og samtykkeskjema.

Vedlegg 3: Godkjenning av datainnsamling for masterprosjektet fra NSD.

Vedlegg 4: Papirmodeller av de fem platonske legemene.

Vedlegg 5: Forslag til prosjektoppgaver. Skriv som ble sendt til skoler for rekruttering av utvalg.

Vedlegg 6: Spørreskjema.

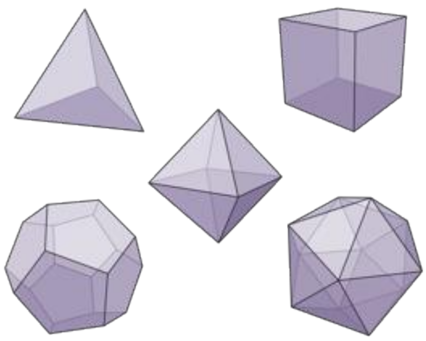
Vedlegg 7: Intervjuguide.

Vedlegg 8: Presentasjon til tverrfaglig prosjekt «Matematikk og kunst og håndverk».

Vedlegg 1 – Oppgavetekst

POLYEDRE: PLATONSKE LEGEMER

Innlevering onsdag 20.januar kl.13.15, totalt 8 timer
Papirmodell eller kulemodell av et platonsk legeme.
Tegning av platonske legemer.



MODELL: Lag en modell, enten i papir eller i modellsett av et av de platonske legemene. Lag gjerne flere dersom du har tid og prøv deg frem både med modellsettet og i papir.
Materialer: papir, modellbyggesett.

TEGNING: Velg ett av de platonske legemene og lag en perspektivtegning av modellen i ett- eller to-punktsperspektiv. Du kan gjerne sette det platonske legemet inn i en annen kontekst og bakgrunn. Kan det platonske legemet fungere som bygning, en lampe eller noe helt annet? Bruk også farger, du kan selv velge fargeteknikk.

TIL INNLEVERING:

- **Modell**
- **Foto av modell**
- **Skisser**
- **Valgt platonsk legeme tegnet i kontekst, med farger – valgfri fargeteknikk**

Oppgaven vurderes som godkjent/ikke godkjent.

Vedlegg 2 – Samtykkeskjema

Vil du delta i forskningsprosjektet

«Matematikk i kunst og håndverk – Erfaringer fra tverrfaglige prosjekter»?

Dette er en forespørsel om å delta i et forskningsprosjekt for å undersøke hvordan et prosjekt i matematikk og kunst og håndverk fungerer i klasserommet. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål
Formålet med prosjektet er å finne ut hva dere synes om å arbeide med matematikk i et tverrfaglig prosjekt. Jeg er interessert i å se hvordan dere arbeider, og hva dere lærer fra prosjektet.

Problemstillingen jeg skal undersøke er: «På hvilken måte kan et tverrfaglig prosjekt med kunst og håndverk berike matematikkundervisning?»

Noen andre spørsmål jeg vil prøve å finne ut av er:

- Hvordan løser elever en tverrfaglig oppgave med matematikk og kunst og håndverk?
- Hvilke holdninger har elever om matematikk i arbeid med et tverrfaglig prosjekt med kunst og håndverk?
- Hvordan knytter elever matematikk til faget kunst og håndverk?

Dette er del av en masteroppgave som jeg, Maja, skal skrive våren 2021 som en avsluttende oppgave på min utdanning for å bli lektor i matematikk.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?
Ansvarlige for prosjektet er

- Maja Siqveland, masterstudent ved Universitetet i Oslo.
- Helmer Aslaksen, veileder og førsteamanuensis ved Universitetet i Oslo.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?
Din klasse har blitt valgt ut til å delta i dette prosjektet siden dere har undervisning i både matematikk og kunst og håndverk. Skolen og deres lærer har blitt kontaktet på forhånd og gitt tillatelse til å gjennomføre forskningsprosjektet i din klasse.

Hva innebærer det for deg å delta?
For å kunne undersøke hva dere tenker om prosjektet vil jeg gjerne at dere besvarer et spørreskjema om hva dere synes om prosjektet. I tillegg vil jeg gjerne intervjue noen av dere for å høre hva dere har gjort i oppgaven og hva dere synes om å kombinere matematikk og kunst og håndverk. Jeg observerer også hvordan dere arbeider med oppgaven i timene, men det er kun for å evaluere hvordan oppgaven fungerer i en klasse. Dette vil ikke kunne knyttes til eller identifisere deg som deltar.

- Hvis du ønsker å delta i et intervju, så vil det innebære at du svarer på noen spørsmål om oppgaven dere har jobbet med. Det vil ta ca. 30 minutter, og vil ikke påvirke din vurdering i fagene matematikk eller kunst og håndverk. Jeg tar lydopptak og notater fra intervjuet.

Det er frivillig å delta
Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger
Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?
Opplysningene anonymiseres når prosjektet avsluttes/oppgaven er godkjent, det vil være senest 31.12.2021. Når prosjektet avsluttes, vil personopplysninger og opptak slettes.

Dine rettigheter
Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:
- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- å få slettet personopplysninger om deg, og
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?
Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Universitetet i Oslo har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?
Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:
- Maja Siqveland på e-post (majasi@student.uv.uio.no)
- Helmer Aslaksen på e-post (helmer.aslaksen@gmail.com)
- Vårt personvernombud: Roger Markgraf-Bye på epost (personvernombud@uio.no) Eller på telefon: 90 82 28 26

Hvis du har spørsmål knyttet til NSD sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS på epost (personverntjenester@nsd.no) eller på telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Helmer Aslaksen	Maja Siqveland
Prosjektansvarlig	*Masterstudent*
(Veileder)	

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om forskningsprosjektet *«Matematikk i kunst og håndverk – Erfaringer fra tverrfaglige prosjekter»*, og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- ☐ å svare på spørreskjema
- ☐ å delta i intervju

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

----

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Dersom du er under 16 år, må dine foreldre også gi samtykke

(Signert av foreldre/foresatte, dato)

Vedlegg 3 – Godkjenning fra NSD

20.01.2021 - Vurdert

Denne vurderingen erstatter NSD sin forrige vurdering, sendt 09.09.2020.

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet 20.01.2021 med vedlegg, samt i meldingsdialogen mellom innmelder og NSD. Behandlingen kan starte.

MELD VESENTLIGE ENDRINGER
Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. Før du melder inn en endring, oppfordrer vi deg til å lese om hvilke type endringer det er nødvendig å melde: https://www.nsd.no/personverntjenester/fylle-ut-meldeskjema-for-personopplysninger/melde-endringer-i-meldeskjema

Du må vente på svar fra NSD før endringen gjennomføres.

TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET
Prosjektet vil behandle alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 31.12.2021.

LOVLIG GRUNNLAG
Prosjektet vil innhente samtykke fra foresatte til behandlingen av personopplysninger om elever under 16 år. Elever over 16 år vil selv samtykke til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 og 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse som kan dokumenteres, og som foresatte og elever kan trekke tilbake. Elever under 16 år vil også samtykke til deltakelse.

Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være foresattes samtykke, jf. Personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a.

PERSONVERNPRINSIPPER
NSD vurderer at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen om:

- lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte far tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen
- formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke viderebehandles til nye uforenlige formål

- dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet
- lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet

DE REGISTRERTES RETTIGHETER
Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: åpenhet (art. 12), informasjon (art. 13), innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18), underretning (art. 19), dataportabilitet (art. 20).

NSD vurderer at informasjonen som de registrerte og deres foresatte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Vi minner om at hvis en registrert/foresatt tar kontakt om sine/barnets rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned.

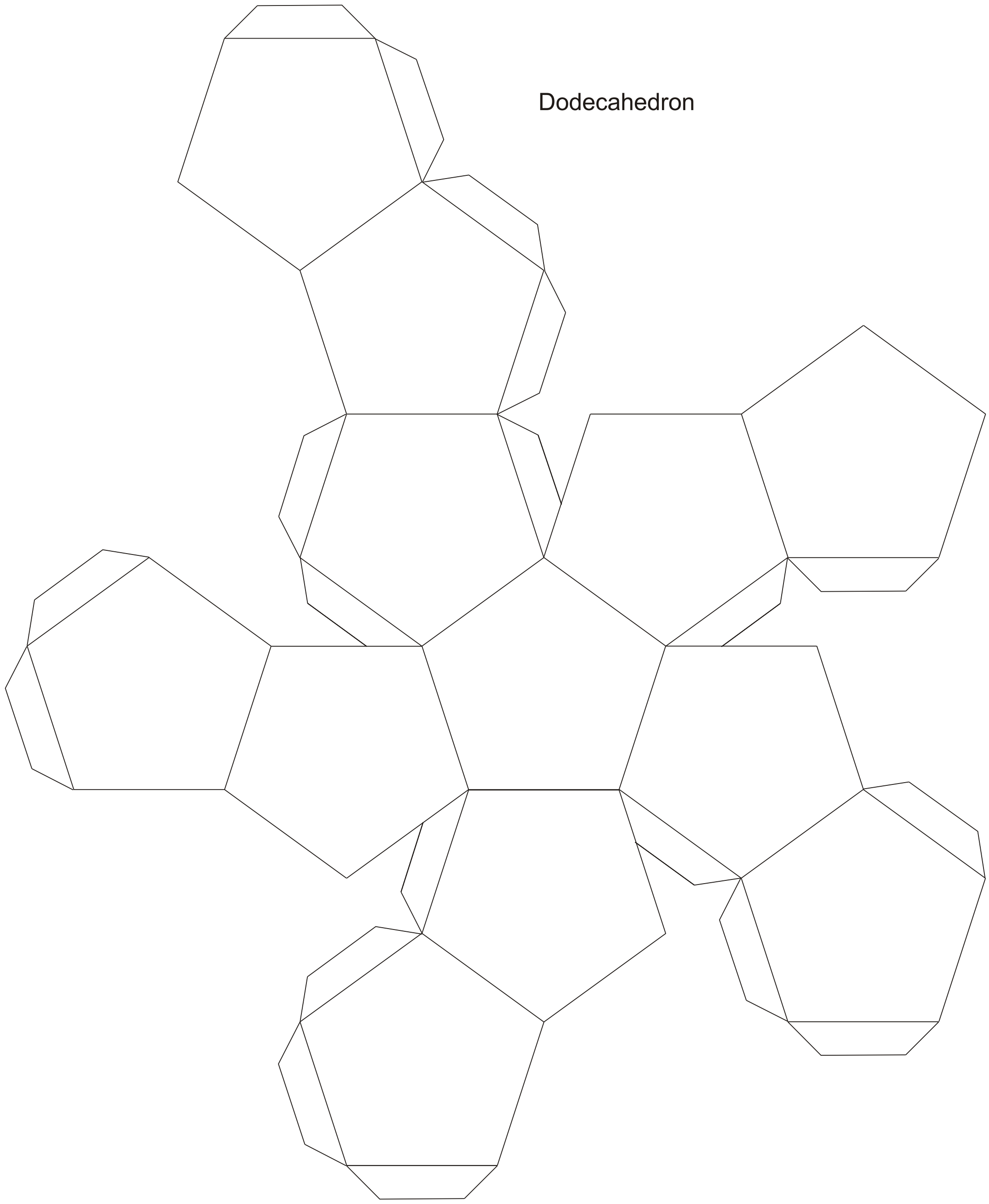
FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER
NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1. f) og sikkerhet (art. 32).

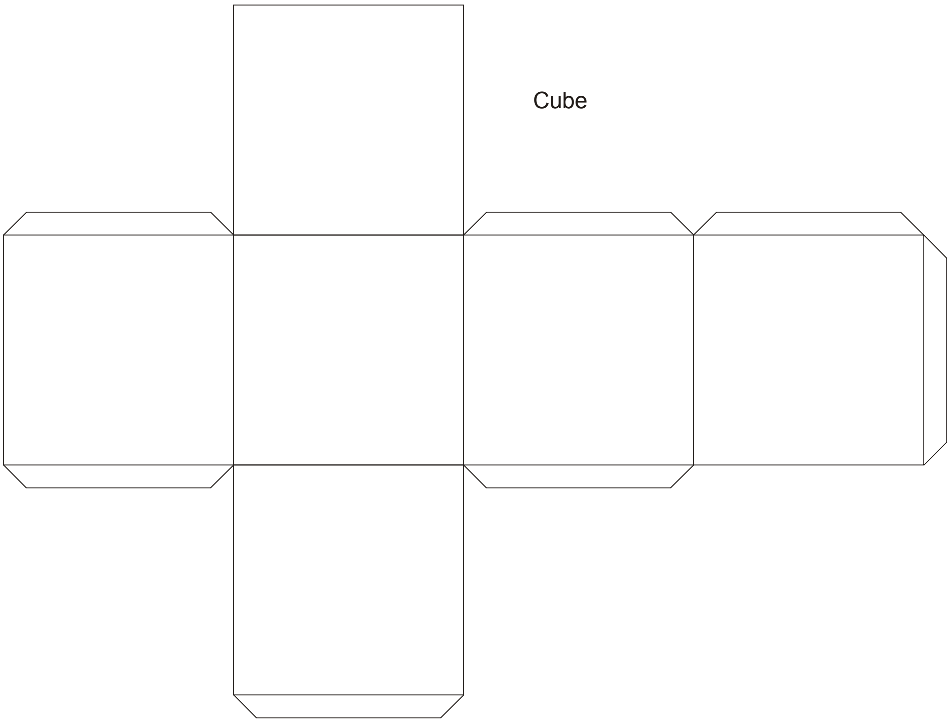
For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må dere følge interne retningslinjer og eventuelt rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET
NSD vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

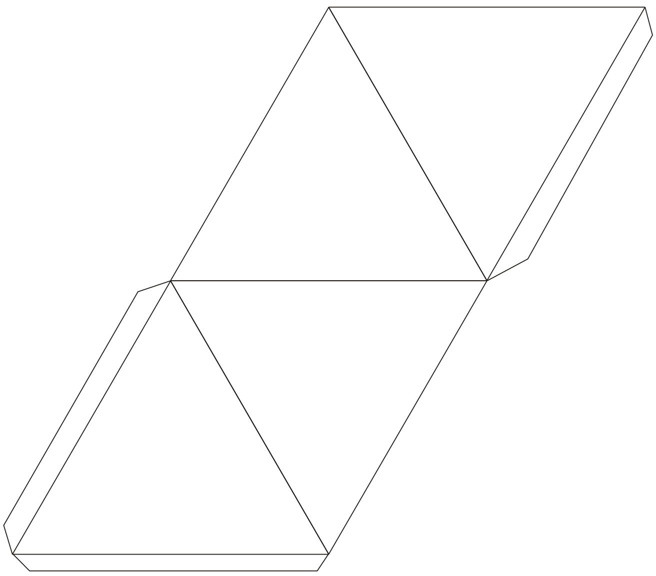
Lykke til med prosjektet!

Vedlegg 4 – Papirmodeller



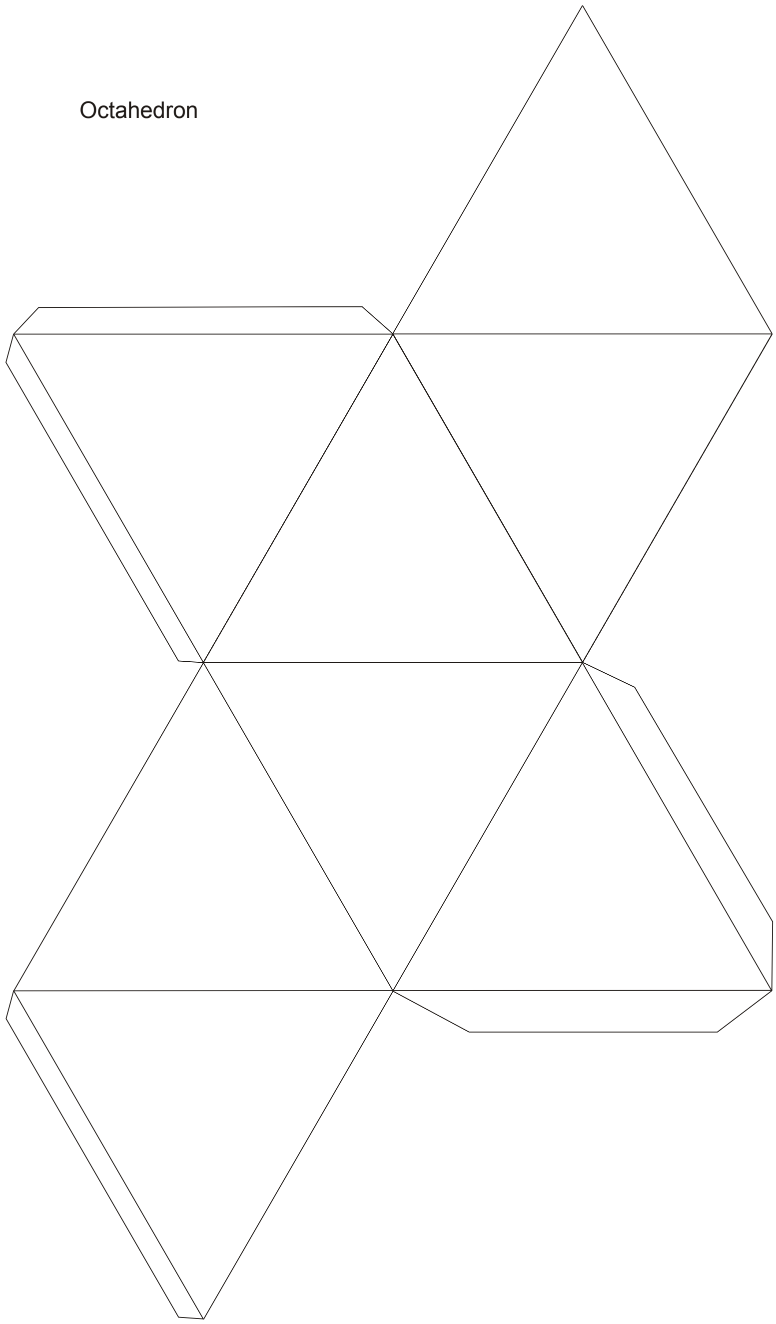


Cube

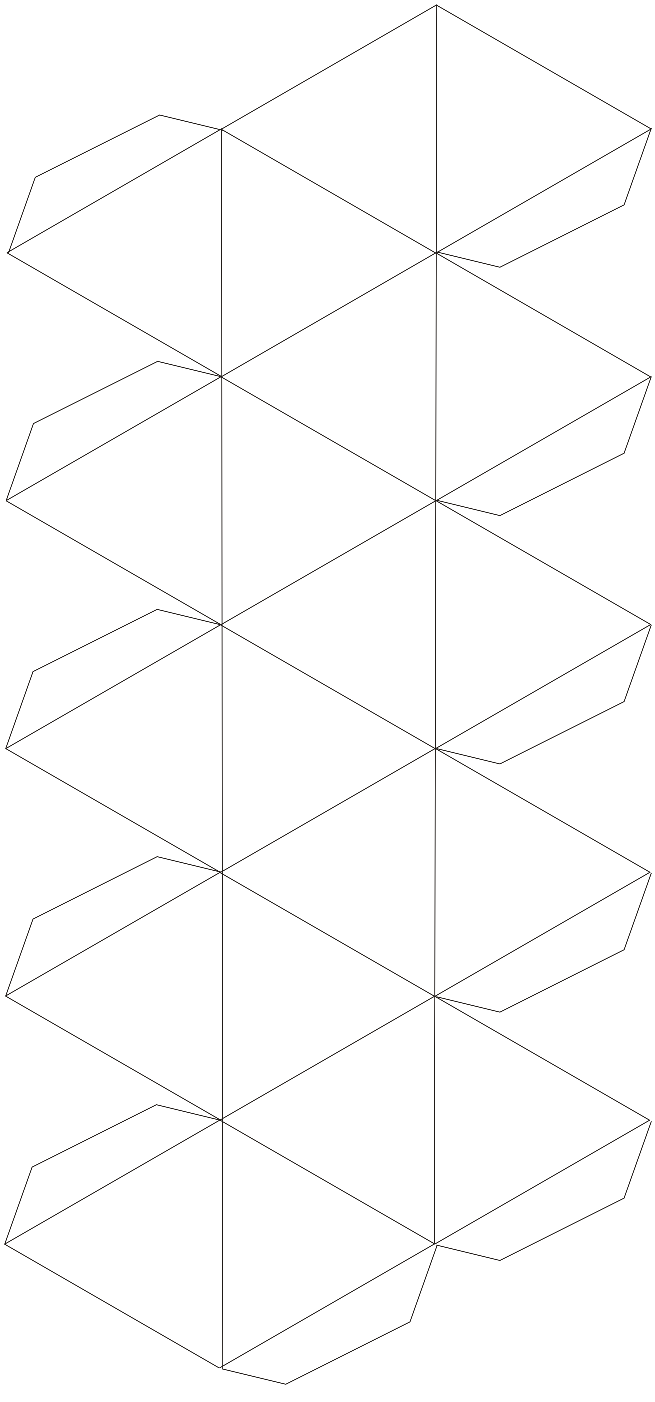


Tetrahedron

Octahedron



Icosahedron



Vedlegg 5 – Forslag til prosjektoppgaver

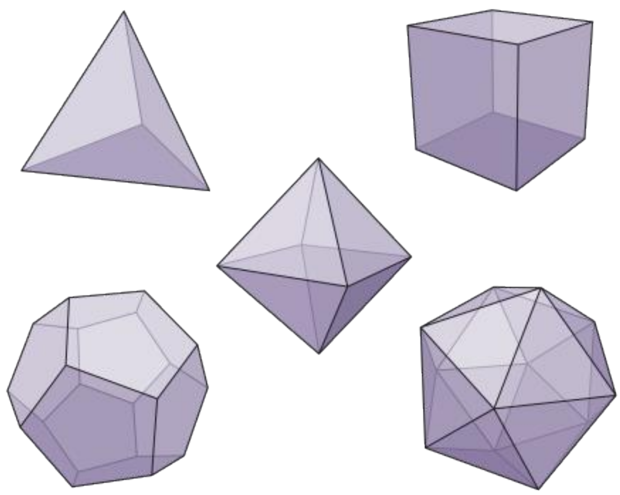
Tverrfaglige prosjektoppgaver

Matematikk og Kunst og håndverk

Dette er et utkast for mulige prosjektoppgaver i matematikk og kunst og håndverk i forbindelse med min masteroppgave til våren 2021.

Oppgave 1: Papirmodell av polyedre

Polyedre er flater hvor alle sidene er mangekanter. De er interessante fra et matematisk synspunkt, og var mye brukt i renessansen da man utviklet perspektivtegning. De fleste synes det er vanskelig å visualisere polyedre, så det er en god og morsom øvelse å lage papirmodeller.



Oppgave 2: Rekonstruksjon av et fotografi/maleri

I perspektivtegning lager man et bilde av virkeligheten. Men kan man gjøre det motsatte? Kan man rekonstruere virkeligheten fra et bilde? Kan man for eksempel se på et fotografi og bestemme hvor fotografen stod? Eller kan man regne ut hvor høyt et hus er ved å se på et bilde av det?

For eksempel kan man velge et fotografi fra nærområdet og jobbe med størrelsesforhold/skygger i bildet og finne avstander i virkeligheten. Hvis man kan bestemme hvor fotografen stod kan man lage før/nå versjoner av gamle bilder.

Oppgave 3: Lage en illusjon

En annen anvendelse av perspektiv, er å lage en «anamorfose»: et bilde som med vilje har blitt manipulert slik at det er vanskelig å se hva bildet skal forestille. Det kan kun bli sett når bildet blir observert fra et spesifikt ståsted.

Dette kan kombineres med IKT. I Photoshop skal det være perspektivprogrammer som kan hjelpe deg å lage en anamorfose.

Et eksempel er hodeskallen i maleriet «The Ambassadors» av kunstneren Hans Holbein the younger. Dette finnes det også nyere eksempel på med street-art kunstnere som skaper en illusjon av at bakken under deg forsvinner.

Oppgave 4: Lag ditt eget mønster

Denne oppgaven kombinerer symmetrigrupper i matematikk og ulike kunstformer. Elevene skal lage et eget mønster. De skal ta utgangspunkt i en kunstner/kunstretning som inspirasjon. Noen eksempler er islamsk kunst, rosemaling/rosettmønster, bårdmønster, tapetmønster, kinesiske vaser, M. C. Escher.

Dette kan kombineres med IKT. Det finnes programmer som lager et mønster for deg med utgangspunkt i en figur du selv har laget.

Hvis det er mulig så kan elevene også få i oppgave å bruke dette mønsteret på et produkt de skal lage.

Oppgave 5 Geometri rundt deg

Elevene får i oppgave å ta bilde av fem objekter som de synes ser interessante ut fra et geometrisk synspunkt, og prøve å si noe om geometrien bak dem. Det kan være objekter hjemme, på et museum, i en moske, i en kirke, en interessant bygning eller i naturen.

Dette vil kunne være en god aktivitet for hjemmeskole, om nødvendig.

Vedlegg 6 - Spørreskjema

Matematikk i kunst og håndverk – Erfaringer fra tverrfaglig prosjekt

Takk for at du vil delta i min studie om elevers holdninger til matematikk og kunstfag. I spørreskjemaet brukes ordet kunstfag som samlebegrep for fagene Visuelle Kunstfag og Design og Arkitektur.

Forsøk å svare åpent og ærlig på spørsmålene. Hvis det er mulig, kan du gjerne gi eksempler på det du skriver.

Hvilket matematikkfag tar du?

* P-matte
* T-matte

Generelt om matematikk og kunstfag

Beskriv matematikk med ett ord.

Beskriv kunstfag med ett ord.

Matematikk er ...

Det jeg liker best med kunstfag er ...

Begrunn svaret.

Det jeg liker best med matematikk er ...

Begrunn svaret.

Det jeg liker mindre med matematikk er ...

Begrunn svaret

Refleksjoner knyttet til oppgaven «Platonske legemer»

Nevn to ting du likte godt ved å jobbe med prosjektet «Platonske legemer».

F.eks. en oppgave, aktivitet, tema, diskusjon osv.

Nevn én ting du likte mindre ved å jobbe med prosjektet «Platonske legemer». Fortell hva du skulle ønske var annerledes.

Fortell om noe nytt du har lært om matematikk fra prosjektet «Platonske legemer».

Har prosjektet forandret ditt syn på matematikk?

* Ja
* Nei
* Vet ikke

Hvordan har prosjektet forandret ditt syn på matematikk?

(Dette elementet vises kun dersom alternativet «ja» er valgt i spørsmålet «Har prosjektet forandret ditt syn på matematikk?»)

Fortell om noe nytt du har lært om kunstfag fra prosjektet «Platonske legemer».

Har prosjektet forandret ditt syn på kunstfag?

* Ja
* Nei
* Vet ikke

Hvordan har prosjektet forandret ditt syn på kunstfagene?

(Dette elementet vises kun dersom alternativet «ja» er valgt i spørsmålet «Har prosjektet forandret ditt syn på kunstfag?»)

Kan du gi noen eksempler på sammenhenger mellom matematikk og kunstfag?

Har du noen meninger eller tanker knyttet til prosjektet «Platonske legemer» som du ønsker å dele?

Dette er ikke et obligatorisk spørsmål, du trenger ikke å svare.

Vedlegg 7 – Intervjuguide

Intervjuguide

Spørsmålene bør søke å finne svar på: Hvordan knytter (eller knytter ikke) elevene matematikk til faget kunst og håndverk? Og hvilke holdninger har de til matematikk i et tverrfaglig prosjekt og matematikk generelt? (i disse type spørsmål vil det være viktig å påpeke at ingenting av det som blir sagt under intervjuene skal brukes som grunnlag for vurdering og karaktersetting)

Informasjon

- Si litt om temaet for samtalen (bakgrunn, formål)
- Forklar hva intervjuet skal brukes til og forklar taushetsplikt og anonymitet
- Spør om noe er uklart og om respondenten har noen spørsmål
- Informer om opptak, sørg for samtykke
- Start opptak

Overgangsspørsmål

- Hvilke erfaringer har dere med matematikk?
- Hvordan opplever dere matematikk/matematikkundervisning?
- Hvordan liker dere å jobbe med matematikk? Kan dere dele en positiv opplevelse dere har hatt med matematikk?
- I denne oppgaven så vi på platonske legemer og polyedre, har dere noen andre erfaringer med matematikk i kunst?
- Hvis dere skal sammenligne prosjektoppgaven med vanlig undervisning i kunst & håndverk og matematikk. Hva synes dere om å arbeide med en prosjektoppgave istedenfor den vanlige undervisningen i en periode?
- Hva tenker dere om å kombinere fagene matematikk og kunst og håndverk i en prosjektoppgave?

Nøkkelspørsmål

- Har du lært noe nytt om matematikk i kunst etter å ha jobbet med denne prosjektoppgaven? Eller ikke?
- Kan dere identifisere det matematiske innholdet i prosjektoppgaven?
- Hvordan ville dere beskrevet deres syn på matematikk? I polyeder-oppgaven?
- Overgangsspørsmål eller sjekkliste

Oppsummering Oppsummere funn

- Har jeg forstått dere riktig?
- Noe du/dere vil legge til?

Vedlegg 8 – Presentasjon for det tverrfaglige prosjektet

MATEMATIKK OG KUNST OG HÅNDVERK

KAN DET KOMBINERES?

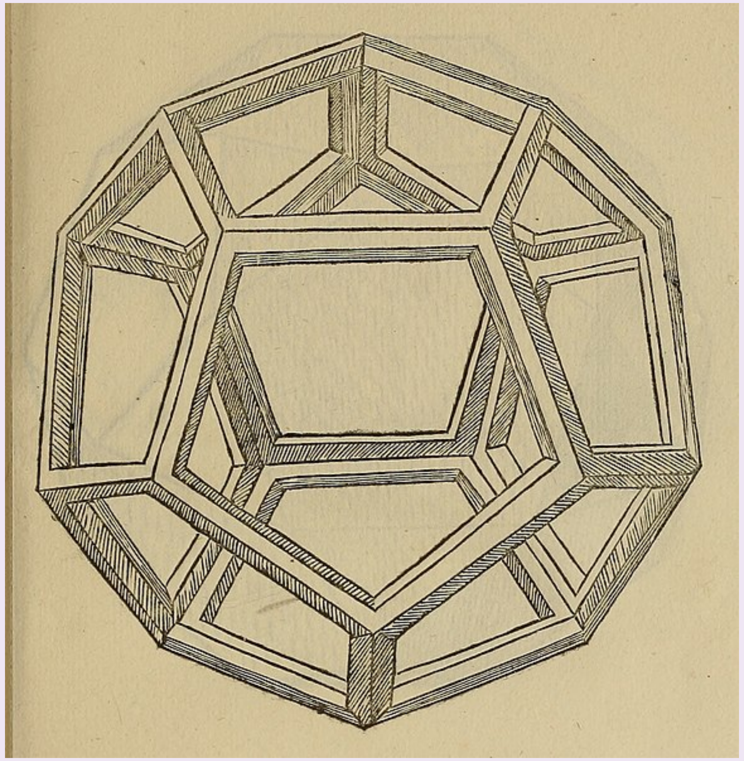
HVILKE SAMMENHENGER FINNES MELLOM MATEMATIKK OG KUNST?

POLYGON OG POLYEDRE

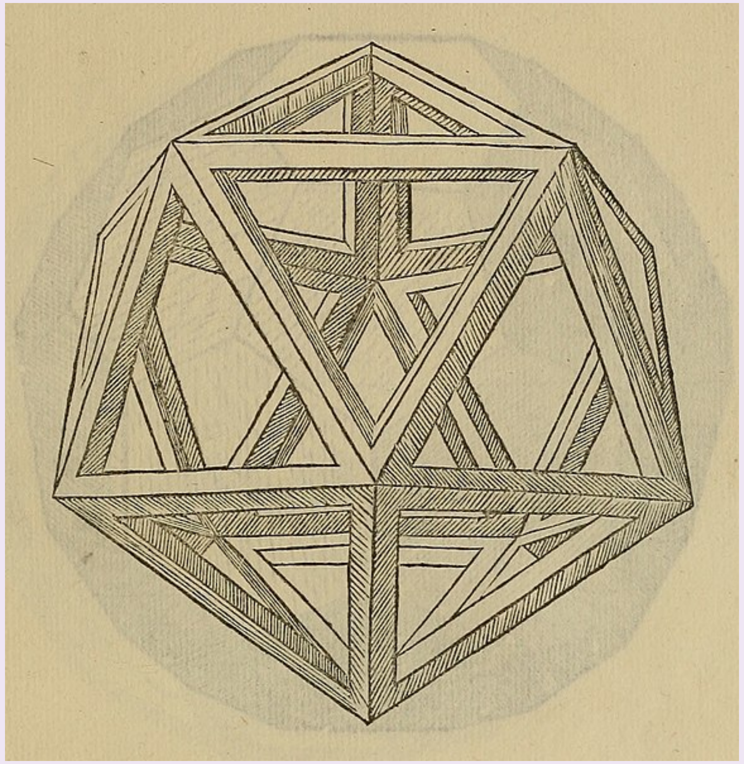
HVORFOR ER DETTE INTERESSANT OG RELEVANT?

LEONARDO DA VINCI

ILLUSRATIONS FOR LUCA PACIOLI'S 1509 BOOK: *THE DIVINE PROPORTION*



«De divina proportione – illustration 13», 1509, av Leonardo da Vinci. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:De_divina_proportione_-_Illustration_13,_crop.jpg). Public Domain



«De divina proportione – illustration 19», 1509, av Leonardo da Vinci. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:De_divina_proportione_-_Illustration_19,_crop.jpg). Public Domain

MELENCOLIA I

ALBRECHT DÜRER

1514

«Melencolia I», 1514, av Albrecht Dürer. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albrecht_DÜRer_-_Melencolia_I_-_Google_Art_Project.jpg). Public Domain

NICHOLAS NEUFCHATEL

JOHANNES NEUDORFER AND SON

1561

«Portrait of Johannes Neudörfer and his son», 1561, av Nicolas Neufchatel.
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nicolas_Neufchâtel_-_Portrait_of_Johannes_Neudörfer_and_his_Son_-_WGA16531.jpg) Public Domain.

LUCA PACIOLI

JACOPO DE BARBARI

1495

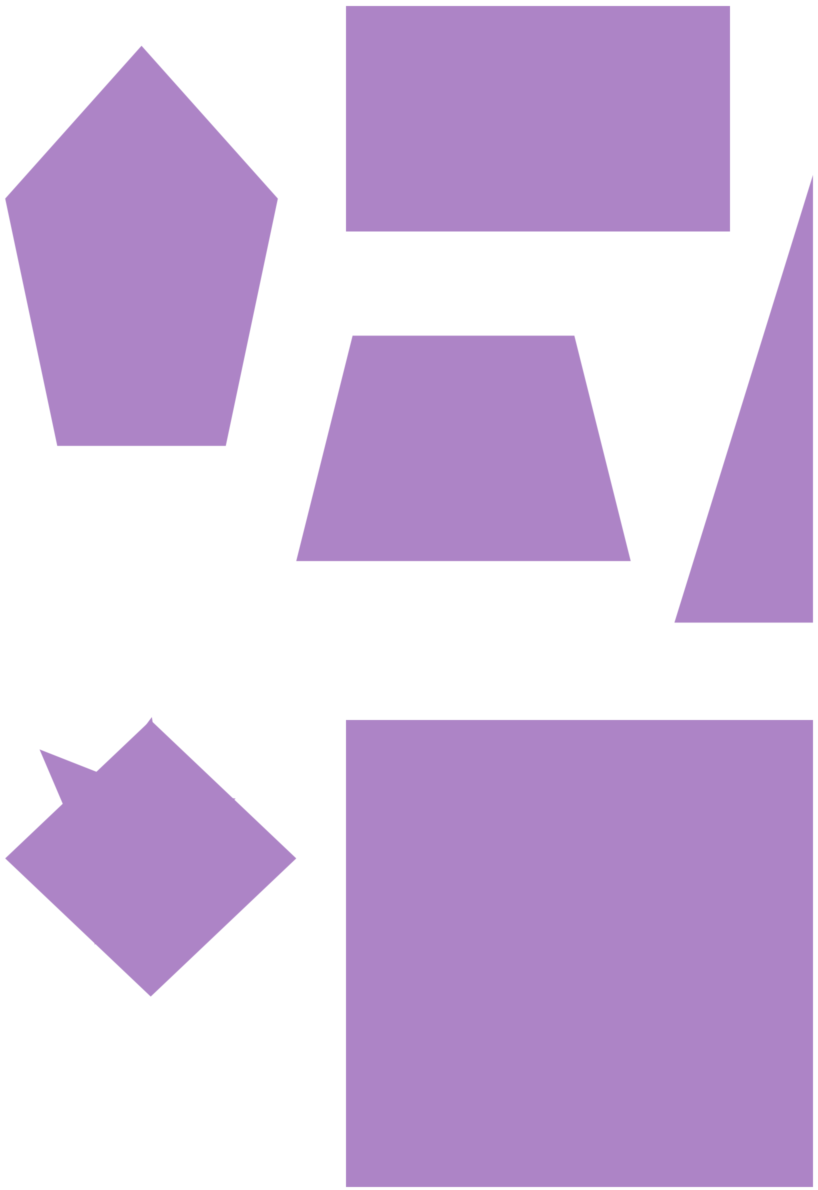
«Portrait of Luca Pacioli with a student», 1495, av Jacopo de Barbari.
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jacopo_de%27_Barbari_-_Portrait_of_Fra_Luca_Pacioli_and_an_Unknown_Young_Man_-_WGA1269.jpg). Public Domain.

HVA ER EN POLYGON?

Hva er …

- En trekant?
- En firkant?
- Et kvadrat?

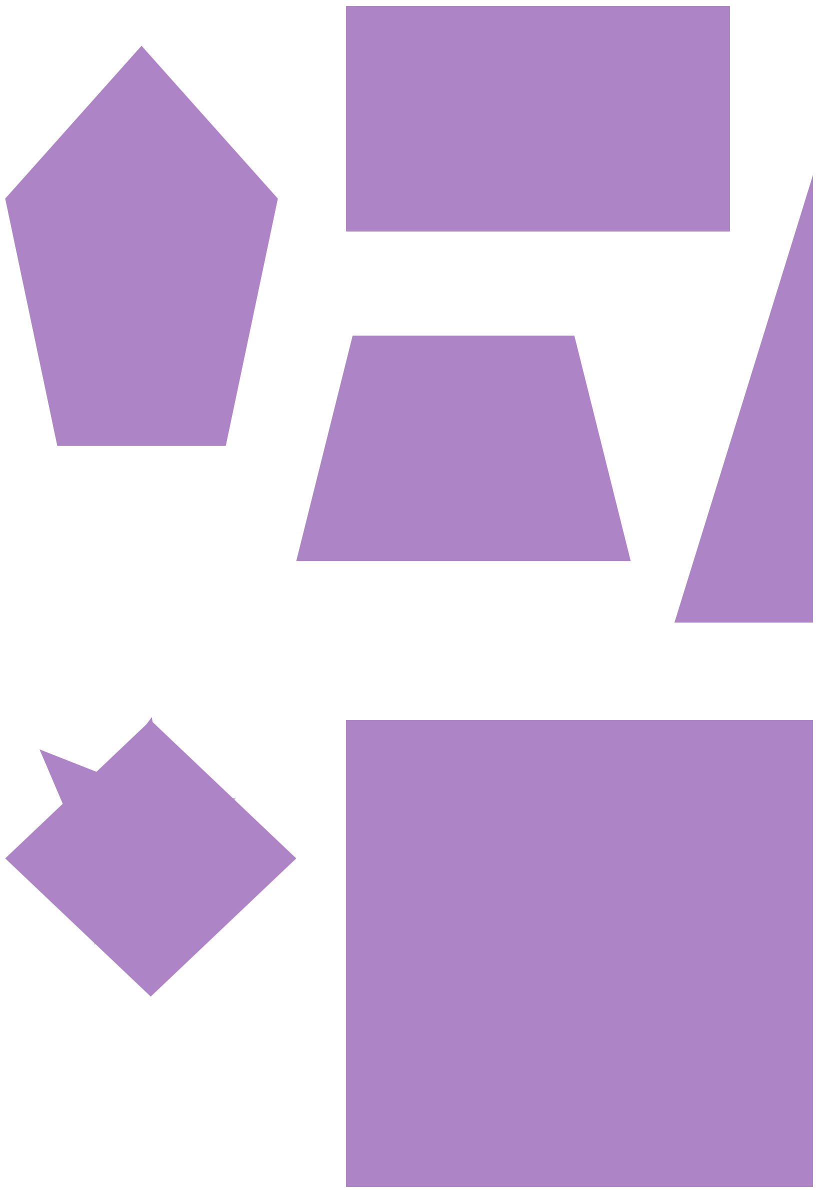
En *polygon* er en **mangekant** samensatt av et endelig antall **rette** linjer.



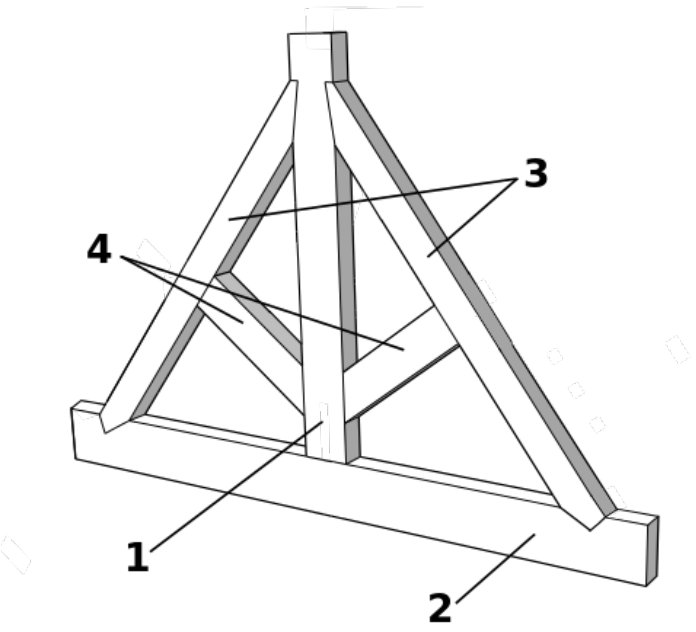
HVA ER EN POLYGON?

Hva er mest "stabilt" av en trekant og firkant?

- Med 3 sider er figuren rigid.
- Med 4 sider kan du endre vinklene uten å endre lengden på sidene.



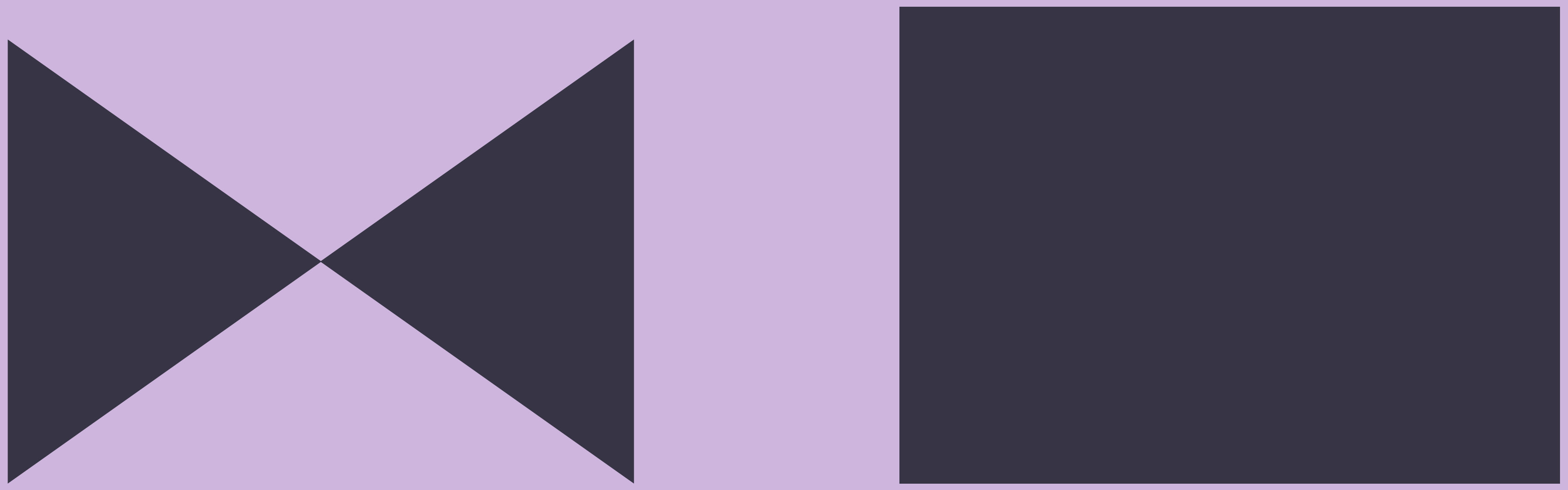
TREKANTER BRUKES I FLERE STRUKTURER PGA. STABILITETEN



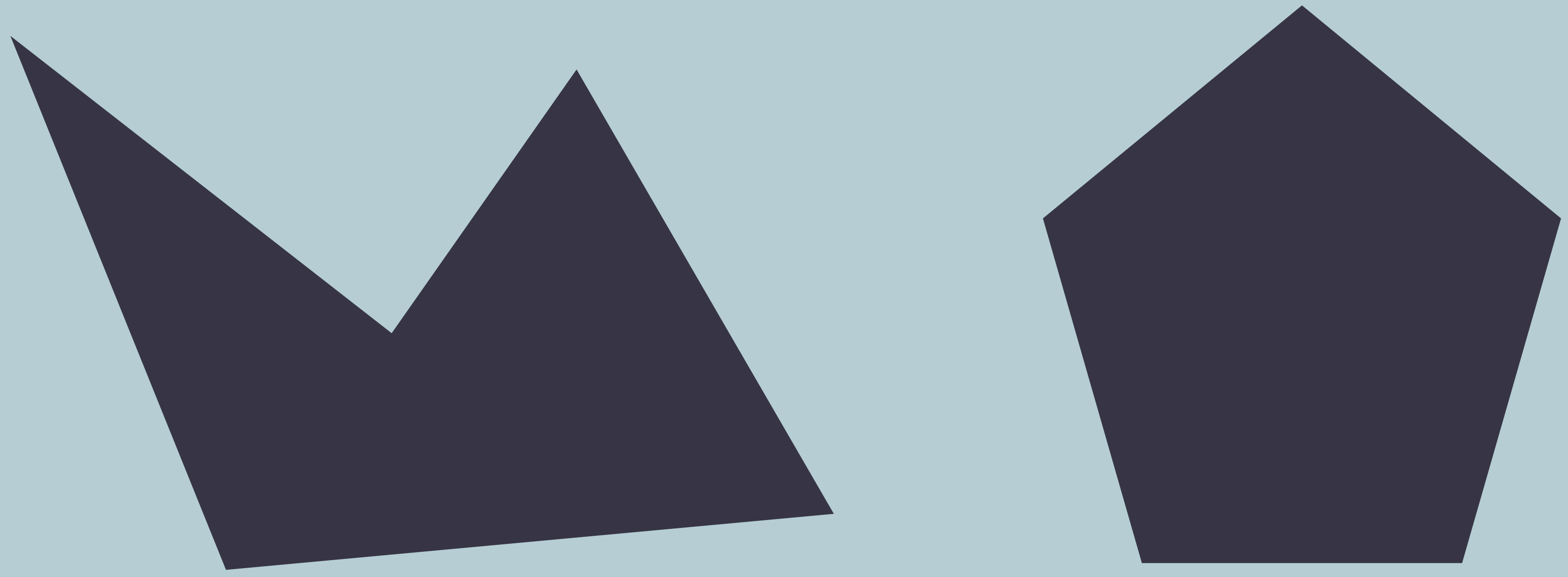
«King post truss», 2012, av George Ponderevo. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:King_post_truss_3D.svg) CC BY-SA 3.0

«Boeing Stearman Kaydet», 2006, av Arpingstone. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stearman.e75.g-bswc.longshot.arp.jpg) Public Domain

«Springtown Truss Bridge», 2018, av Daniel Case. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Springtown_Truss_Bridge,_New_Paltz,_NY.jpg) CC BY-SA 3.0



FIRE KANTER, MED BÅDE «IKKE-NABOER» OG EN FIRKANT

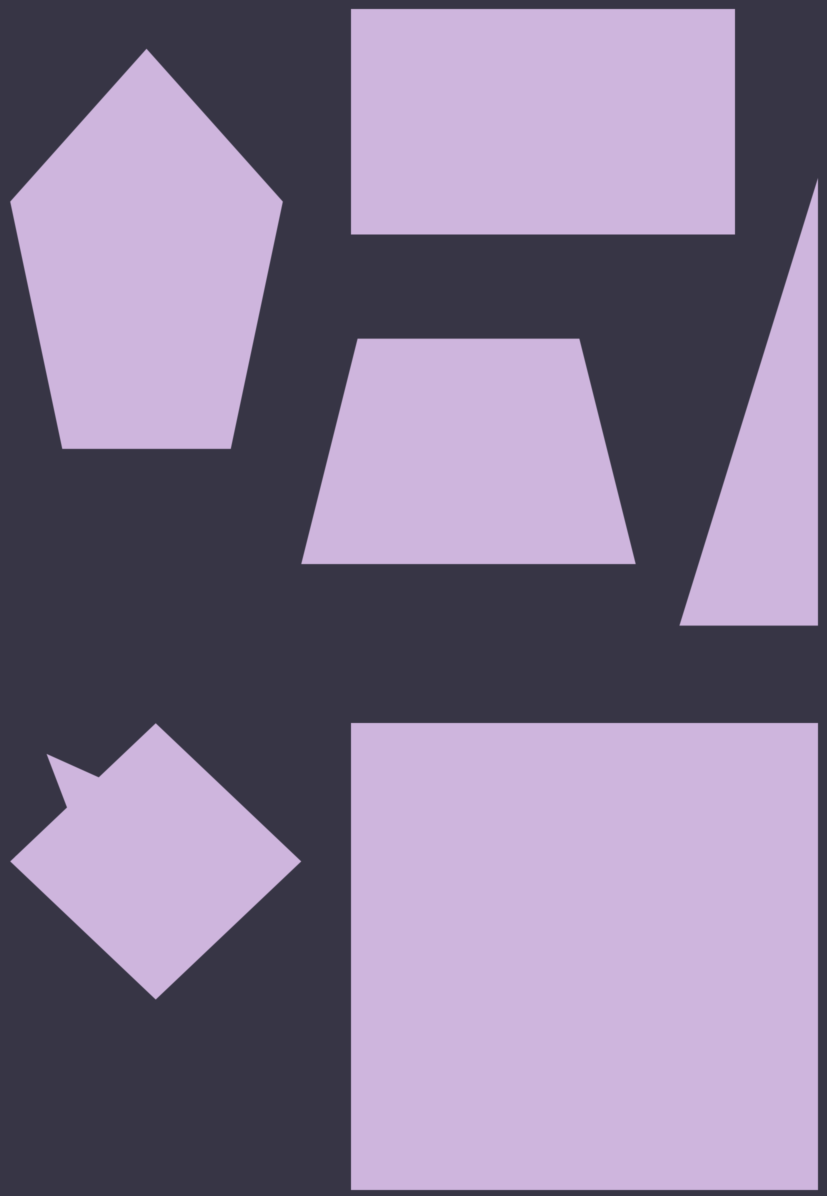


DERSOM VINKELEN ER MER ENN 180 GRADER GÅR HJØRNET "INNOVER" I MANGEKANTEN - KONVEKS

HVA ER EN POLYGON?

- En **regulær** polygon er en figur med like lange sider og like store vinkler

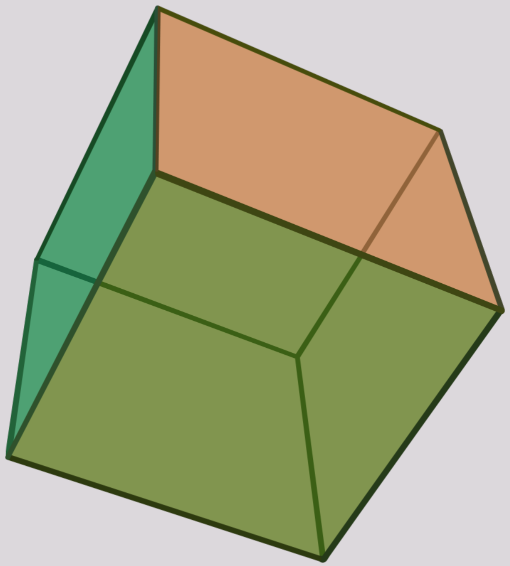
- De er regulære **mangekanter**
  - Alle kantvinklene er mindre enn 180 grader



HVA ER ET POLYEDER?

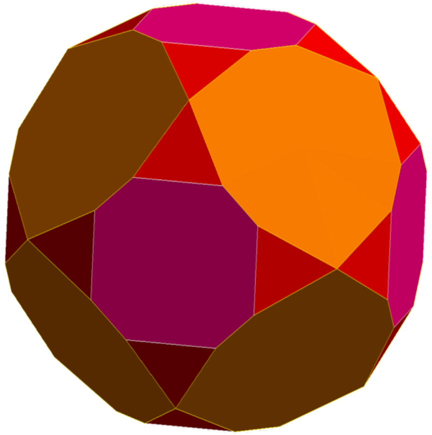
- Et polyeder er et legeme avgrenset av mangekanter.

- Eksempler er terning eller pyramide.

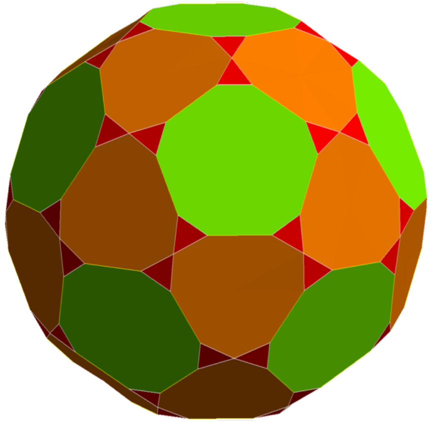


«Hexahedron», 2005, av Cyp. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hexahedron.jpg) CC BY-SA 3.0

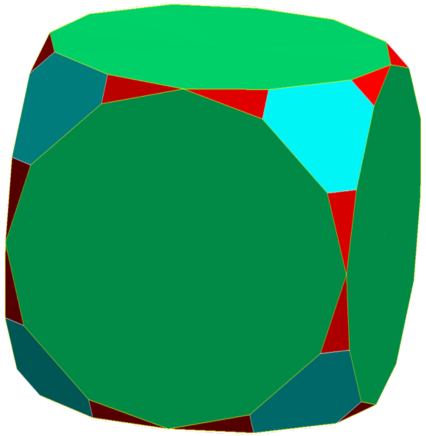
«Square pyramid», 2017. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Square_pyramid.png) CC BY-SA 3.0



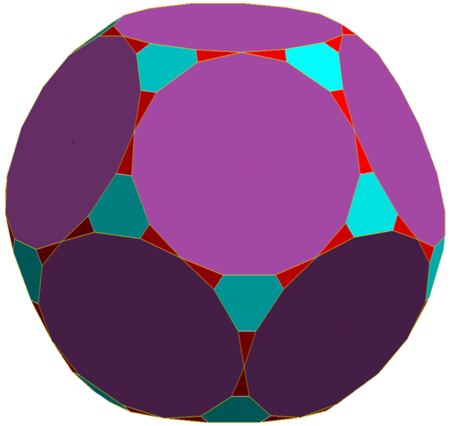
«Conway polyhedra MoC», 2017, av Tomruen. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Conway_polyhedra_M0C.png). CC BY-SA 4.0



«Conway polyhedra MoD», 2017, av Tomruen. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Conway_polyhedra_M0D.png). CC BY-SA 4.0



«Conway polyhedra MoO», 2017, av Tomruen. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Conway_polyhedra_M0O.png). CC BY-SA 4.0

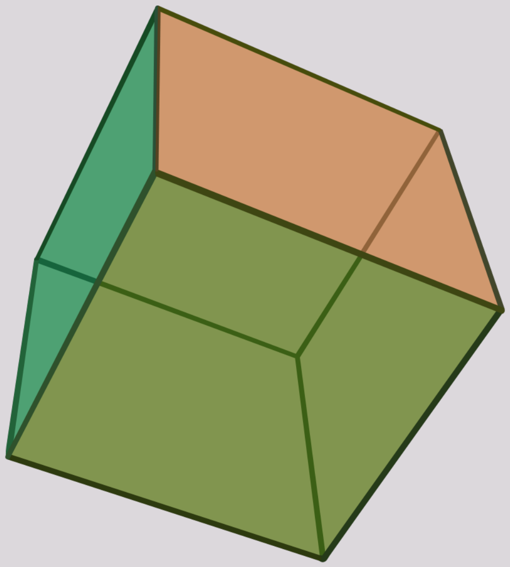


«Conway polyhedra MoI», 2017, av Tomruen. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Conway_polyhedra_M0I.png). CC BY-SA 4.0

HVA ER ET POLYEDER?

- Et regulært polyeder består av regulære polygoner.
  - Regulært polyeder: alle sideflatene like og alle hjørnene like (likt antall flater møtes i hvert hjørne)
  - Disse kalles også for platonske legemer: det finnes kun 5 av dem.

- Terningen er et eksempel på et regulært polyeder.
  - Hvorfor er ikke pyramiden et regulært polyeder?



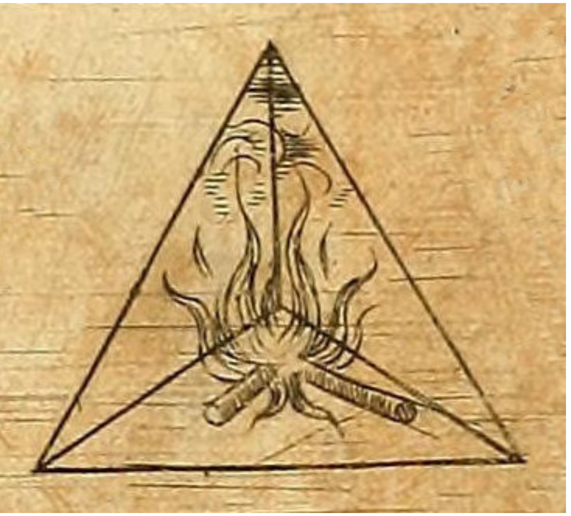
«Hexahedron», 2005, av Cyp. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hexahedron.jpg) CC BY-SA 3.0

«Square pyramid», 2017. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Square_pyramid.png) CC BY-SA 3.0

PLATONSKE LEGEMER

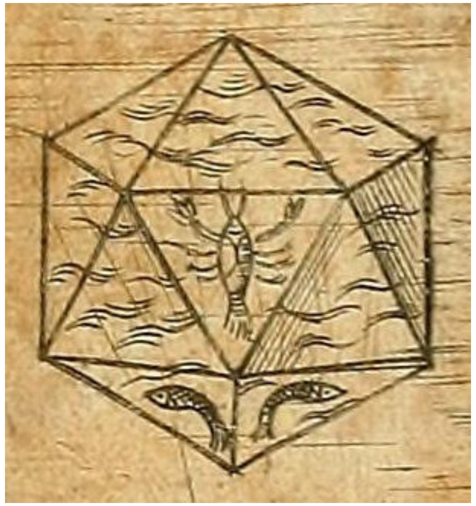
«Platonic solids transparent», 2019, av Drummyfish. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Platonic_Solids_Transparent.svg). CC0 1.0

PLATONSKE LEGEMER – DE FIRE ELEMENTENE



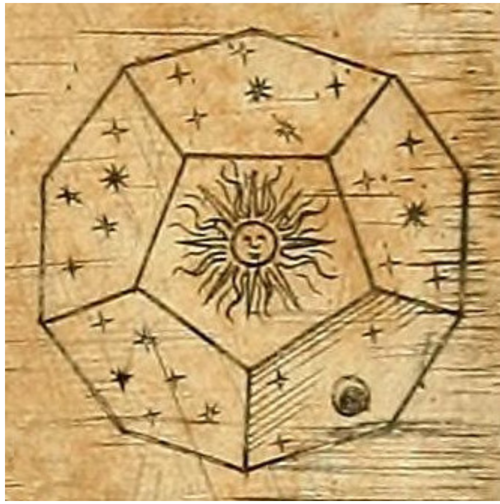
«Tetrahedron», 1619, av Johannes Kepler. (https://en.wikipedia.org/wiki/File:Kepler_Tetrahedron_Fire.jpg) Public Domain.

«Octahedron», 1619, av Johannes Kepler. (https://en.wikipedia.org/wiki/File:Kepler_Octahedron_Air.jpg) Public Domain.

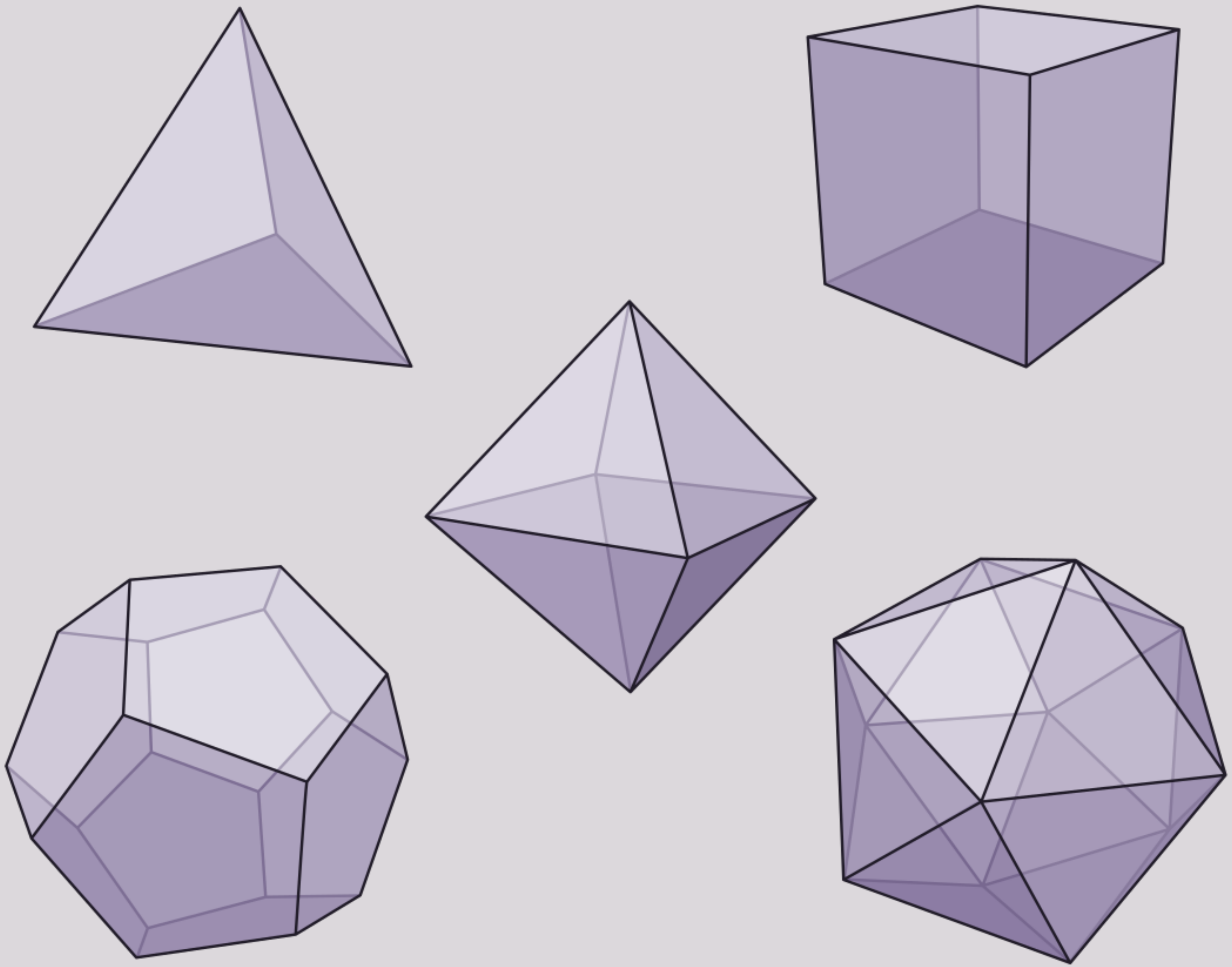


«Icosahedron», 1619, av Johannes Kepler. (https://en.wikipedia.org/wiki/File:Kepler_Icosahedron_Water.jpg) Public Domain.

«hexahedron», 1619, av Johannes Kepler. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kepler_Hexahedron_Earth.jpg) Public Domain.



«Dodecahedron», 1619, av Johannes Kepler. (https://en.wikipedia.org/wiki/File:Kepler_Dodecahedron_Universe.jpg) Public Domain.



«Platonic solids transparent», 2019, av Drummyfish. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Platonic_Solids_Transparent.svg). CC0 1.0

VI BEVISER AT DET KUN FINNES 5 PLATONSKE LEGEMER

ET VISUELT BEVIS

BEVIS FOR AT DET KUN FINNES 5 PLATONSKE LEGEMER

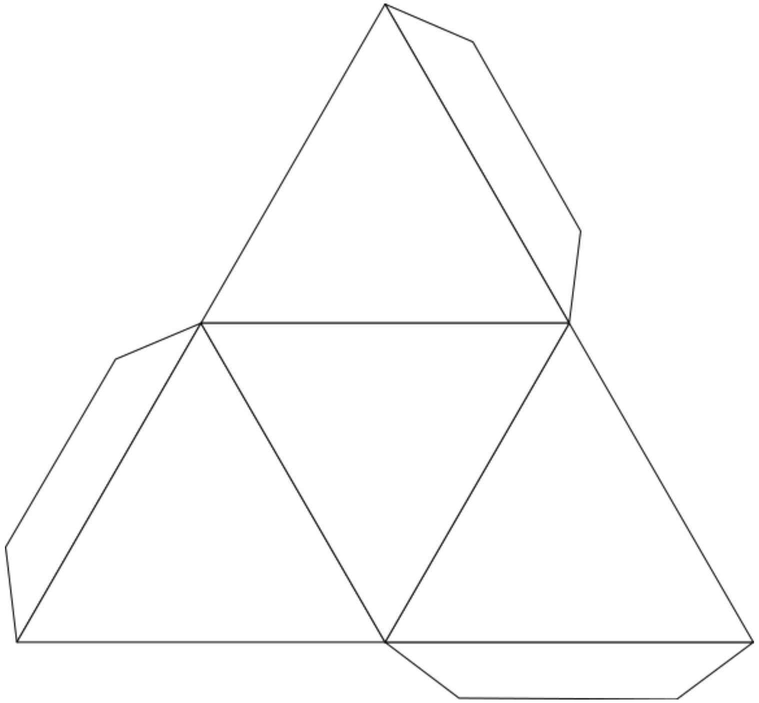
Vi ser på vinkelsummen til ulike kombinasjoner av regulære polygoner

Først:

TREKANTER

- Hva er vinkelen i en likesidet trekant?

«Polyiamond-3-1», 2009, av Inductiveload. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polyiamond-3-1.svg). Public Domain



«Foldable tetrahedron (blank)», 2017, av Zieben007. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foldable_tetrahedron_(blank).svg). CC BY-SA 4.0

BEVIS FOR AT DET KUN FINNES 5 PLATONSKE LEGEMER

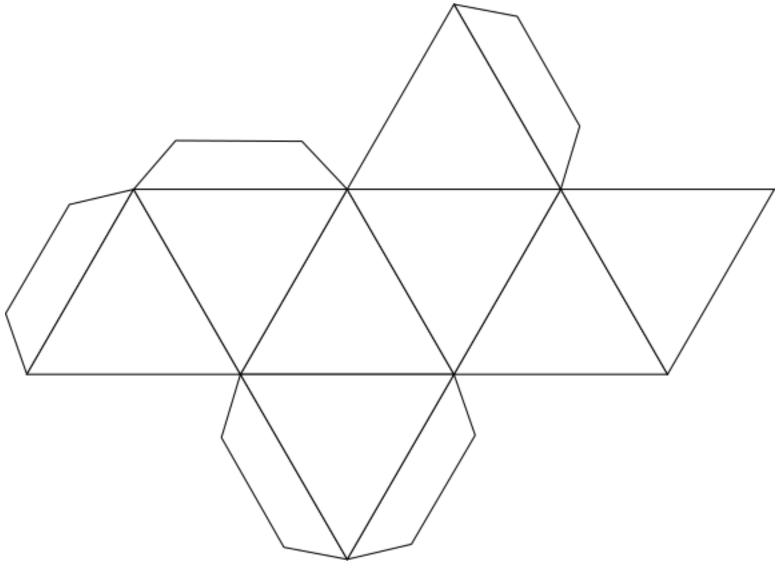
Vi ser på vinkelsummen til ulike kombinasjoner av regulære polygoner

Først:

TREKANTER

- Hva er vinkelen i en likesidet trekant?

«Polyiamond-4-1», 2009, av Inductiveload. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polyiamond-4-1.svg). Public Domain



«Foldable octahedron (blank)», 2017, av Zieben007. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foldable_octahedron_(blank).svg). CC BY-SA 4.0

BEVIS FOR AT DET KUN FINNES 5 PLATONSKE LEGEMER

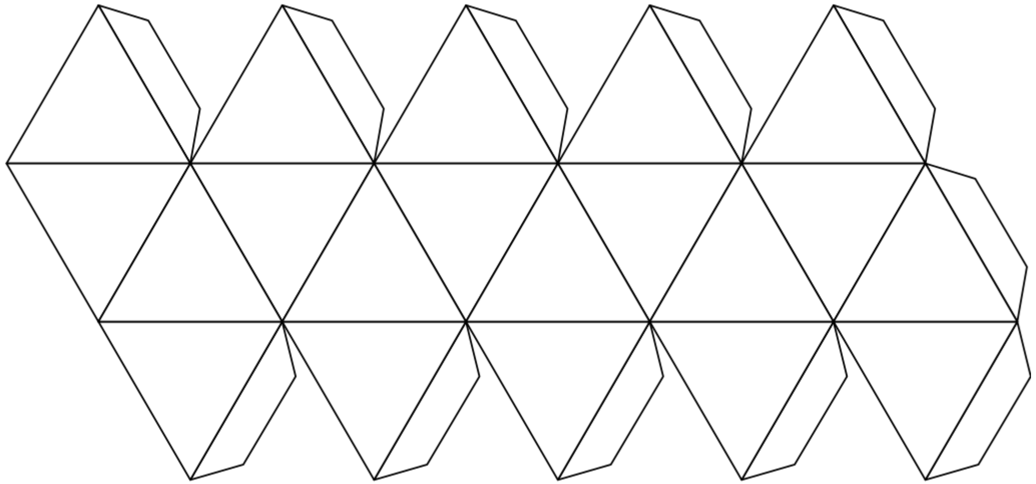
Vi ser på vinkelsummen til ulike kombinasjoner av regulære polygoner

Først:

TREKANTER

- Hva er vinkelen i en likesidet trekant?

«Polyiamond-5-4», 2009, av Inductiveload. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polyiamond-5-4.svg). Public Domain



«Foldable icosahedron (blank)», 2017, av Zieben007. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foldable_icosahedron_(blank).svg). CC BY-SA 4.0

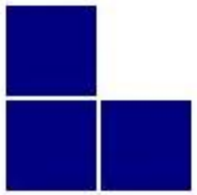
BEVIS FOR AT DET KUN FINNES 5 PLATONSKE LEGEMER

Vi ser på vinkelsummen til ulike kombinasjoner av regulære polygoner

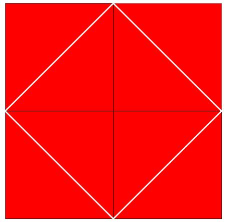
Så kan vi se på

KVADRATER

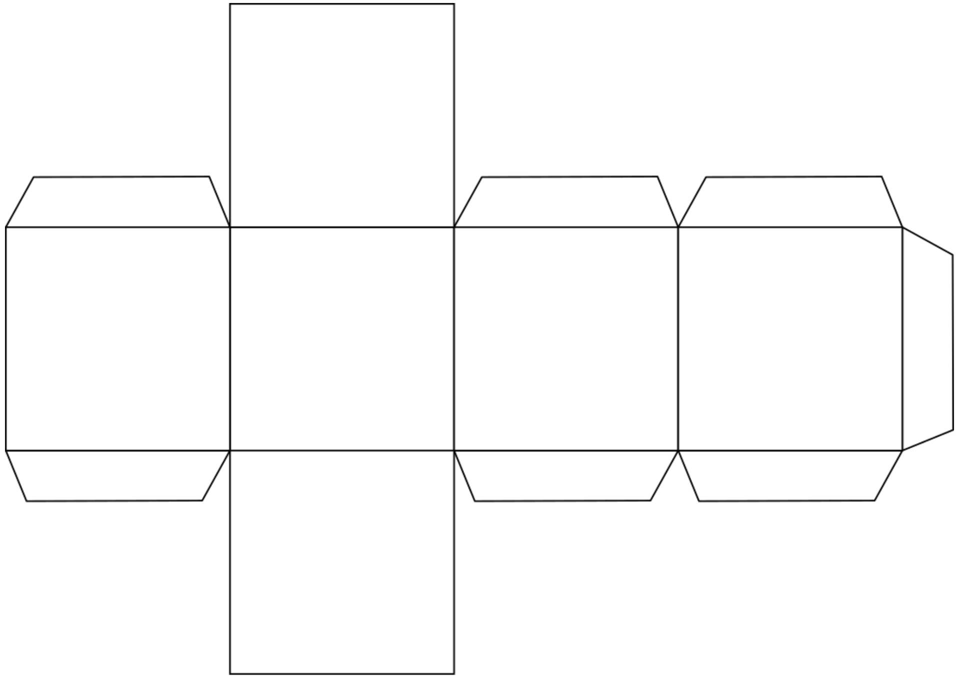
- Hva er vinkelen i et kvadrat?



«TrominoV», 2006, av John Cross. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TrominoV.jpg) Public Domain.



«Square tiling vertifig», 2005, av Tomruen. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Square_tiling_vertfig.png). Public Domain



«Foldable hexahedron (blank)», 2017, av Zieben007. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foldable_hexahedron_(blank).svg). CC BY-SA 4.0

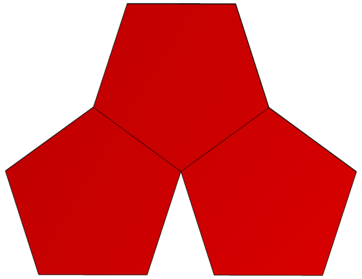
BEVIS FOR AT DET KUN FINNES 5 PLATONSKE LEGEMER

Vi ser på vinkelsummen til ulike kombinasjoner av regulære polygoner

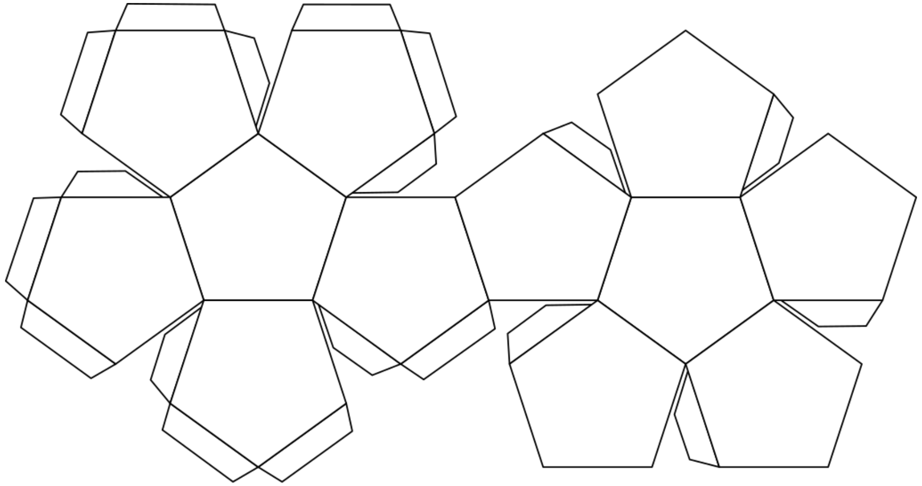
Så kan vi se på

FEMKANTER

- Hva er vinkelen i en femkant?



«Pentagon net», 2015, av Tomruen. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pentagon_net.png). CC BY-SA 4.0



«Foldable dodecahedron (blank)», 2017, av Zieben007. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foldable_dodecahedron_(blank).svg). CC BY-SA 4.0

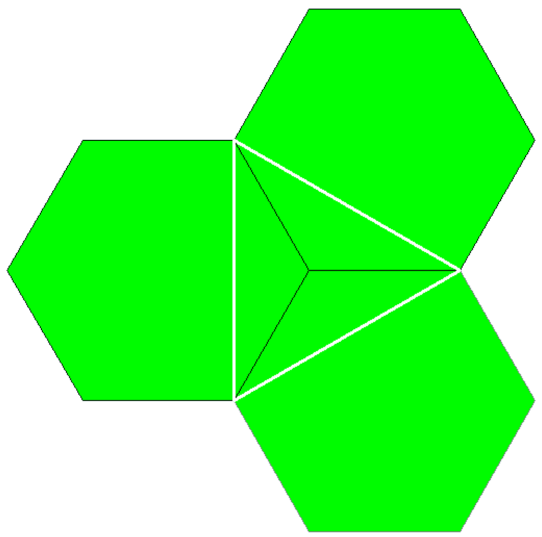
BEVIS FOR AT DET KUN FINNES 5 PLATONSKE LEGEMER

Vi ser på vinkelsummen til ulike kombinasjoner av regulære polygoner

Så kan vi se på

SEKSKANTER

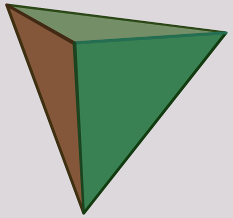
- Hva er vinkelen i en sekskant?



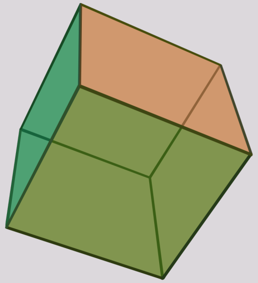
«Hexagonal tiling vertifig», 2005, av Tomruen. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hexagonal_tiling_vertfig.png). Public Domain.

Polyeder	Hjørner (Vertices)	Kanter (Edges)	Sideflater (Faces)
Tetraeder	4	6	4
Kube (terning)	8	12	6
Oktaeder	6	12	8
Dodekaeder	20	30	12
Ikosaeder	12	30	20

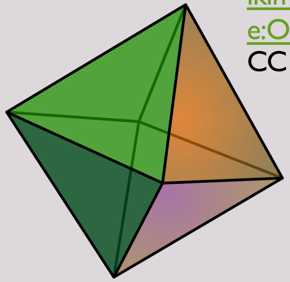
«Tetrahedron», 2005, av Cyp. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tetrahedron.jpg) CC BY-SA 3.0

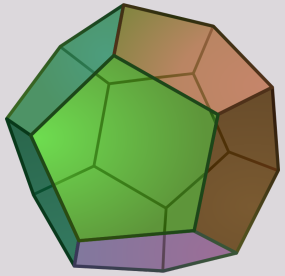


«Hexahedron», 2005, av Cyp. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hexahedron.jpg) CC BY-SA 3.0

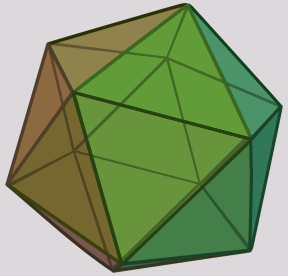


«Octahedron», 2005, av Cyp. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Octahedron.jpg) CC BY-SA 3.0



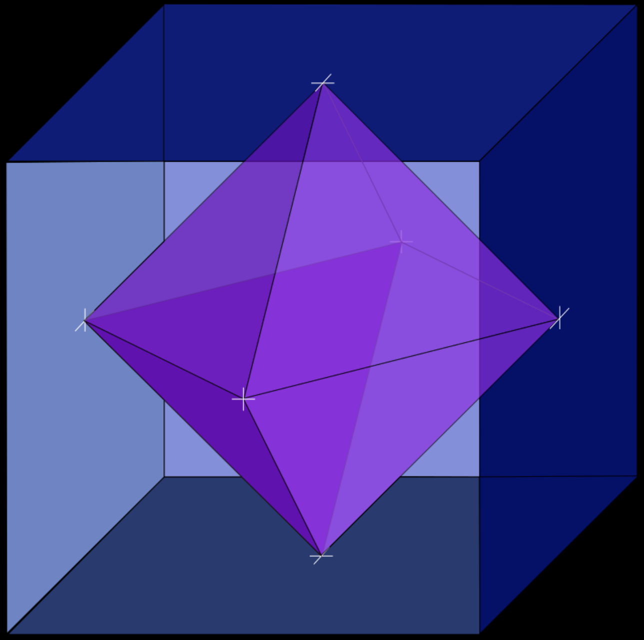


«Dodecahedron», 2005, av Cyp. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dodecahedron.jpg) CC BY-SA 3.0

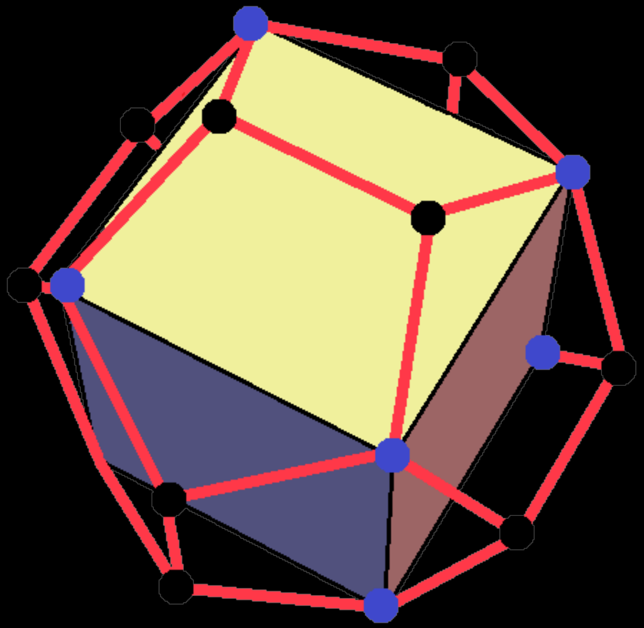


«Icosahedron», 2005, av Cyp. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Icosahedron.jpg) CC BY-SA 3.0

DUALITET



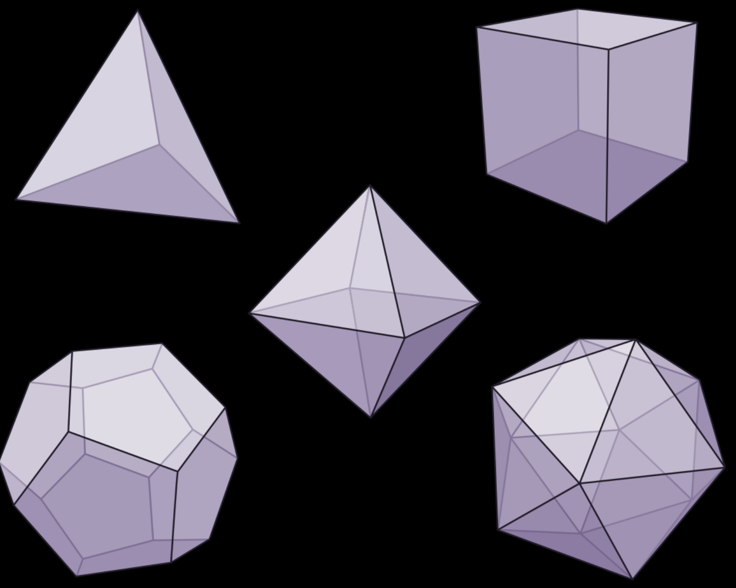
«Dual Cube-Octahedron», 2006, av 4C. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dual_Cube-Octahedron.svg). CC BY-SA 3.0



«Cube in dodecahedron», 2014, av Tomruen. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cube_in_dodecahedron.png). CC BY-SA 3.0

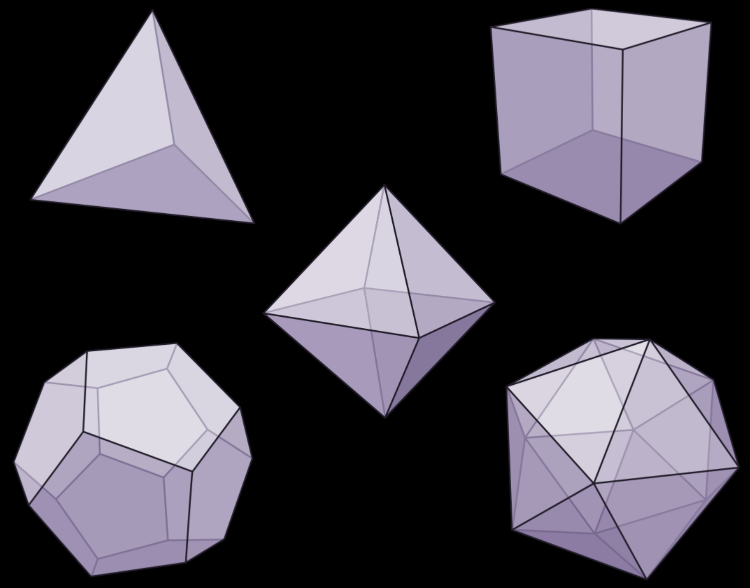
FARGELEGGING AV DE PLATONSKE LEGEMENE

HVOR MANGE FARGER TRENGER DU FOR AT HVER AV FLATENE SKAL HA EN EGEN FARGE, DER IKKE NOEN AV NABOFLATENE HAR SAMME FARGE?



FARGELEGGING AV DE PLATONSKE LEGEMENE

PLATONSK LEGEME	MINSTE ANT. FARGER
Tetraeder	4
Kube	3
Oktaeder	2
Dodekaeder	4
Ikosaeder	3



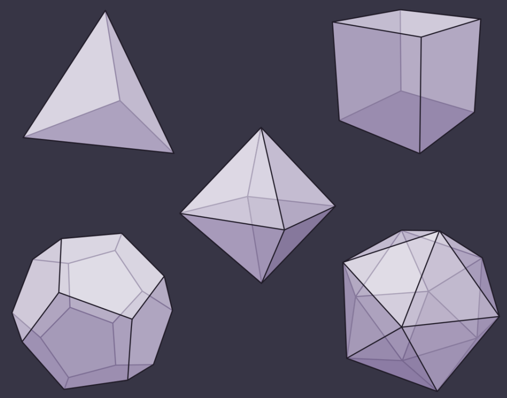
UKESOPPGAVE

POLYEDRE: PLATONSKE LEGEMER

INNLEVERING ONSDAG 20.JANUAR KL.13.15

PAPIRMODELL ELLER KULEMODELL AV ET PLATONSK LEGEME.

TEGNING AV PLATONSKE LEGEMER.



MODELL: Lag en modell, enten i papir eller i modellsett av et av de platonske legemene. Lag gjerne flere dersom du har tid og prøv deg frem både med modellsettet og i papir.

Materialer: papir, modellbyggesett.

TEGNING: Velg ett av de platonske legemene og lag en perspektivtegning av modellen i ett- eller to-punktsperspektiv. Du kan gjerne sette det platonske legemet inn i en annen kontekst og bakgrunn. Kan det platonske legemet fungere som bygning, en lampe eller noe helt annet? Bruk også farger, du kan selv velge fargeteknikk.

TIL INNLEVERING:

- **Modell**
- **Foto av modell**
- **Skisser**
- **Valgt platonsk legeme tegnet i kontekst, med farger – valgfri fargeteknikk**

Oppgaven vurderes som godkjent/ikke godkjent.

KILDER

- Robinson, Robbie. (2016). Polyhedra in art and mathematics. George Washington University. Hentet fra: https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.gwu.edu/dist/2/115/files/2016/05/GeorgetownMathClub-1tdpqnq.pdf
- Let's Talk Science. (2020). Why is a Tringle a Strong Shape? Hentet fra: https://letstalkscience.ca/educational-resources/backgrounders/why-a-triangle-a-strong-shape
- Mathigon. (2020). Polygons and polyhedra: Platonic Solids. Hentet fra: https://mathigon.org/course/polyhedra/platonic
- Ranestad, Kristian (2005) Platonske legemer i klasserommet. Hentet fra: https://www.matematikk.org/binfil/download2.php?tid=66515&h=800e2f74d11be7ebd52040c8108550bd