

FYMA – om integration af to fag



Brian Krog Christensen,
Silkeborg Gymnasium

Abstract: I 2014-2018 har Silkeborg Gymnasium afviklet et forsøg, hvor den obligatoriske undervisning i fysik C og matematik C i syv studieretningsklasser har været afviklet som et toårigt undervisningsforløb i ét fag benævnt fyma. Forsøget er evalueret vha. spørgeskemaundersøgelser blandt de involverede elever og lærere samt gennem analyse af de faglige resultater. Udviklingsprojektet viser, at elevernes interesse for samt holdning og selvoplevede kompetence i forhold til fysik og matematik gennemgår en positiv udvikling gennem perioden med fagintegration, og at eleverne foretrækker fagintegreret undervisning frem for separate fag. Desuden er der klare indikationer på øget læringsudbytte gennem fagintegration sammenlignet med undervisning i adskilte fag.

Gennem fire skoleår i perioden fra 2014-15 til 2017-18 har fagene fysik C og matematik C for syv studieretningsklasser på Silkeborg Gymnasium som et forsøg været afviklet som et toårigt undervisningsforløb i ét integreret fag, fyma. Dvs. i stedet for at have matematik C i 1. g og fysik C i 2. g har eleverne haft fyma i både 1. g og 2. g. Forsøget blev iværksat i de sidste år forud for den seneste gymnasireform hvor Undervisningsministeriet muliggjorde undersøgelser af potentialerne ved andre former for undervisningsorganisation end de traditionelle. Undervisningsministeriets fagkonsulenter i fysik og matematik har i samarbejde med Silkeborg Gymnasium sammenskrevet læreplanerne for de to fag og beskrevet en eksamensordning for fyma der afspejler den fagintegrerede undervisning.

De væsentligste årsager til iværksættelse af forsøget med integration af fysik og matematik var:

1. At en ikke ubetydelig del af de elever der vælger studieretninger med matematik og fysik på det laveste niveau, i forbindelse med matematik C-undervisningen i 1. g oplever faget som temmeligt abstrakt og spørger: *Hvad skal vi egentlig bruge det her til?* Når de samme elever har fysik C i 2. g, hvor der med fordel kan trækkes på matematik C-kompetencerne fra 1. g, kniber det for en del elever at bringe grundlæggende færdigheder i spil.

En ikke ubetydelig andel af eleverne på Silkeborg Gymnasium er såkaldt gymnasiefremmede, dvs. ingen af forældrene har taget en gymnasial uddannelse. Ulriksen fremhæver at det for elever med en gymnasiefremmed baggrund er særlig vigtigt at opleve relevans i undervisningen:

“Et væsentligt element er at give begrundelser for indholdet: hvorfor skal man overhovedet lære det her?” (Ulriksen, 2009, s. 203).

“Et væsentligt punkt er altså at eksplicitere målet med den konkrete opgave, dvs. hvad meningen er med arbejdet, og f.eks. hvordan sammenhængen er med andre fag” (Ulriksen, 2009, s. 205).

2. At man ved integration af fagene kan forvente en synergieffekt der medfører en styrkelse af elevernes faglige kompetencer. I fysik får man meget hurtigt brug for matematik, fx til kvantitative analyser i forbindelse med eksperimentelle undersøgelser osv. Men læreplanen for fysik C sigter mod almindelig uddannelse af eleverne og er forfattet med kendskab til ovennævnte udfordring i forhold til matematikkompetencer, og bl.a. derfor er brugen af matematik meget forståeligt nedtonet. Men ved i en tværfaglig sammenhæng løbende at bringe de matematikkompetencer i spil som eleverne erhverver i forbindelse med matematik C, var forventningen at man kunne nå dybere ned i fysikken samtidig med at eleverne reelt bliver bedre til matematik gennem en øget anvendelse af matematiske færdigheder. Dette er i god overensstemmelse med at der i læreplanen for matematik C lægges vægt på en eksperimenterende tilgang til problemstillinger, og på at hovedvægten af undervisningen skal være orienteret mod anvendelse af matematik, og en betydelig del af undervisningen skal tilrettelægges som projektforsøg eller med udgangspunkt i temaopgaver (Undervisningsministeriet, 2013c). I den forbindelse kan fysik C byde ind med temaer, eksperimentelle data mv.
3. At man gennem fyma har mulighed for og kan have en forhåbning om at drage nytte af en række kendte fordele ved tværfaglig undervisning (Schnack, 1997): Tværfaglig undervisning kan være særlig *motiverende* ved at muliggøre en mere dækkende behandling af et virkelighedsrelevant tema. Desuden kan det tværfaglige arbejde *reducere stoftrængslen* ved at udnytte overlap mellem fagene mht. kompetencemål mv. Dertil kommer at den tværfaglige undervisning har potentiale til at *skabe sammenhæng* i et gymnasieforsøg præget af faglig og skemamæssig fraktionering – bl.a. ved at eleverne anvender deres viden i funktionelle sammenhænge. Derved *fremmes elevernes dannelse* idet eleverne får bedre mulighed for at gøre erfaringer med selv at undersøge forhold og en øget mulighed for at lære

at virkelighedens problemer kan anskues fra forskellige synsvinkler. Dette kan fremme kritisk tænkning og metarefleksion gennem et skærpet blik for anvendelsen af forskellige faglige tilgange således at eleverne bliver mere bevidste om forskellige måder hvorpå man kan blive klogere. Virkelighedens problemstillinger kalder ofte på flere fag, og derfor kan det være lettere at tage udgangspunkt i virkelige problemstillinger i en tværfaglig sammenhæng. Udnyttelsen af en styrket kobling mellem fag og virkelighed ved tværfaglig undervisning er som nævnt særlig væsentlig for såkaldt gymnasiefremmede elever (Ulriksen, 2009). Fordelen ved kobling af fagområder betones da også i Undervisningsministeriets seneste undervisningsvejledning for matematik:

“Det er motiverende for de fleste elever at opdage, at matematikken kan bringes i anvendelse. Derfor er det helt centralt, især på C- og B-niveau, at have blik for og udpege over for eleverne, hvor de forskellige dele af det faglige stof bringes i spil i nye kontekster” (Undervisningsministeriet, 2017, s. 27).

Michelsen og Iversen beskriver anledningen til fagligt samspil mellem matematik og andre fag således:

“De traditionelle grænser mellem fagene i gymnasieskolen afspejler langt fra matematikkens rolle i den moderne interdisciplinære videnskabelige virksomhed og anvendeligheden af matematik i praksis” (Michelsen, 2009, s. 23).

4. At der før indførelsen af studieretninger i forbindelse med 2005-gymnasireformen var meget gode erfaringer med faget naturfag som for de sproglige studenter udgjorde en obligatorisk, fagintegreret undervisning i matematik, fysik og kemi på et fagligt niveau der nogenlunde svarede til fysik C, kemi C og matematik C.
5. At et toårigt fyma-forløb i modsætning til et ellers etårigt matematikforløb i 1. g giver mulighed for at der også ved udvikling af elevernes matematikkompetencer kan drages fordel af den øgede modenhed som eleverne typisk udvikler i løbet af 2. g både mht. almene studiekompetencer og personligt. Samtidig giver et toårigt forløb et bedre grundlag for etablering af en god lærer-elev-relation der kan medvirke til at nedbryde den skepsis over for fysik og matematik hvormed nogle elever møder gymnasiet.
6. At der på gymnasiet er en hel del lærere med undervisningskompetence i både fysik og matematik hvoraf nogle har lyst til at undersøge potentialerne af ovennævnte punkter og som problemfrit kan veksle mellem de to fag.

7. At etablering af et tæt fagligt samspil mellem matematik og fysik harmonerer med anbefalinger i flere internationale (Berlin, 2005) og danske rapporter om mulighederne for at styrke STEM-fagene, fx rapporten *Et fælles løft* udarbejdet af en arbejdsgruppe nedsat af Undervisningsministeriet:

“Der er ... gode eksempler på nye uddannelsesstilbud, som kombinerer to eller tre af (de) klassiske fagligheder, en udvikling som spås at accelerere fremover” (Andersen, 2008, s. 16).

Silkeborg Gymnasium har en intention om at medvirke til at styrke fagligheden og interessen i forhold til STEM-fagene, og der er en interesse for at undersøge om de påståede fordele ved tværfaglighed kan konstateres i forbindelse med en afprøvning i en dansk gymnasiesammenhæng.

Evalueringsmetode

Forsøget med fyma er blevet evalueret ved at eleverne i seks af de syv forsøgsklasser anonymt har besvaret to spørgeskemaer. Det første spørgeskema blev besvaret helt i begyndelsen af studieretningsforløbet hvor fyma-undervisningen blev iværksat, og det har fungeret som en forundersøgelse der bruges til at afdække elevernes forventninger til og tanker om det forestående fagintegrerede forløb. De samme seks klasser har halvandet år senere, altså umiddelbart før afslutningen af 2. g, besvaret et spørgeskema der har til formål at evaluere forløbet. Der har været henholdsvis 152 og 142 respondenter i de to spørgeskemaundersøgelser svarende til svarfrekvenser på henholdsvis 82 % og 88 % i forhold til antallet af elever i de seks klasser på undersøgelsestidspunkterne. Desuden har alle de fem lærere der har undervist et eller to fyma-hold i forsøgsperioden, gennem et spørgeskema karakteriseret forløbet og vurderet udbyttet heraf. Endelig er der foretaget en sammenligning mellem standpunktskaraktererne i fyma samt henholdsvis matematik C og fysik C for klasser med samme studieretning som nogle af fyma-klasserne.

Hvordan fagintegration?

Forskning viser at det er meget lærerafhængigt hvordan en intenderet integration af to eller flere fag praktiseres:

“STEM-læreres gennemførelse af integrerende tilgange afhænger i høj grad af deres personlige holdninger hvad angår accept af en ny undervisningsmetode, deres indstilling til en integrerende tilgang, skole-sammenhængen, afviklingsforhold osv.” (Becker, 2011, s. 24).

Desuden har det vist sig at en praktisk integration af fag ofte begrænses hvis underviserne ikke har både faglig og pædagogisk-didaktisk viden om begge fag (Kurt, 2013). Derfor er det befordrende for det aktuelle udviklingsarbejde at fyma-underviserne har meldt sig frivilligt til forsøget, og at de har undervisningskompetence i både matematik og fysik.

Men hvad skal man forstå ved integration af fagene? Svaret herpå udtrykkes til dels gennem forsøgslæreplanen for fyma hvor målene for fysik C og matematik C er sammenskrevet. For eksempel er nogle af målene i læreplanerne for fysik C og matematik C beskrevet således:

“Eleverne skal kende og kunne anvende enkle modeller, som kvalitativt eller kvantitativt kan forklare forskellige fysiske fænomener” (Undervisningsministeriet, 2013b, fysik C).

“Eleverne skal kunne anvende variabelsammenhænge i modellering af givne data, kunne foretage fremskrivninger og forholde sig reflekterende til disse samt til rækkevidde af modellerne” (Undervisningsministeriet, 2013c, matematik C).

I forsøgslæreplanen for fyma sammenfattes ovenstående mål bl.a. gennem målformuleringen:

“Eleverne skal kunne anvende simple modeller til beskrivelse af et givet datamateriale samt af forskellige fysiske fænomener og kunne forholde sig reflekterende til rækkevidden af modellerne” (Undervisningsministeriet, 2013a, fyma).

Undervisningen i fyma planlægges således efter nogle fagintegrerede mål der jævnfør eksemplet ovenfor harmonerer ganske fint med målene for de enkelte fag. Men kernestoffet for de to fag skal stadig dækkes, så hvordan håndteres fagintegrationen i praksis? Der findes ikke i litteraturen en almindelig accepteret definition af integration mellem fysik og matematik hvilket til dels afspejler at der ikke findes en veldefineret grænse mellem de to fag (Lederman, 1997, s. 57).

Loning opererer med følgende kategorisering af undervisningen (Loning, 1997):

1. Uafhængig matematik.
2. Matematikfokus hvor fysikbegreber anvendes til at støtte matematikbegreber.
3. Balanceret matematik og fysik hvor begreberne fra fysik og matematik integreres.
4. Fysikfokus hvor matematikbegreber anvendes for at støtte fysikbegreber.
5. Uafhængig fysik.

I fyma-forsøget har det mht. undervisningspraksis været op til de enkelte undervisere at sammentænke fagene. Der har således ikke været en bestemt model for

undervisningen som er blevet fulgt på de syv fyma-hold. Det betyder at det i forhold til Lonings kategorisering har været muligt for lærerne at veksle mellem forskellige grader af fagligt samspil. Lærerne har baseret på et indgående kendskab til begge fag gjort det der for dem føles mest naturligt. Eleverne har typisk ikke fået at vide at nu arbejder vi med noget der er mest fysik, osv. For eleverne har det 'bare' været fyma-undervisning. Men selvom det ikke har været et mål i sig selv, har eleverne naturligvis været i stand til at sammenkoble en række af undervisningsaktiviteterne med enten fysik eller matematik. Hvis man kigger på de enkelte delopgaver, undersøgelser og tekster som eleverne har arbejdet med i fyma, så vil stort set alle aktiviteterne kunne genfindes i undervisningen i fysik C eller matematik C. Forskellen er 'blot' at de faglige aktiviteter fra de to fag kombineres og foregår i en anden ramme.

Lærerevalueringen viser at de fem undervisere har afviklet forløb der dækker over alle Lonings kategorier idet hovedvægten har været på kategorierne 2, 3 og 4. Det typiske har således været at der ikke er blevet lagt vægt på 'rene' fysik- eller matematikforløb. To af lærerne beskriver praksis således:

"Typisk integreres fagene ved, at man har et fysikfagligt tema, der med fordel kan behandles efter indførelse af en række matematiske begreber. Når matematikken er på plads, kan den så anvendes til databehandling, løsning af opgaver mv." (Lærer 3).

"Jeg har ikke ofte introduceret nye begreber i både matematik og fysik på samme tid – men haft noget nyt i det ene fag og så udvidet eller gentaget tidligere materiale fra det andet fag" (Lærer 5).

Eksempel på fagintegreret undervisningsforløb

For at give et indtryk af undervisningens karakter skitseres her et eksempel på et undervisningsforløb der er gennemført i anden halvdel af 2. g i flere af fyma-klasserne. Der er tale om et IBSE-inspireret projektforsløb (IBSE: Inquiry Based Science Education) om modellering med en åben problemstilling der behandles i selvvalgte grupper.

Eleverne blev indledningsvist præsenteret for de overordnede mål for projektet:

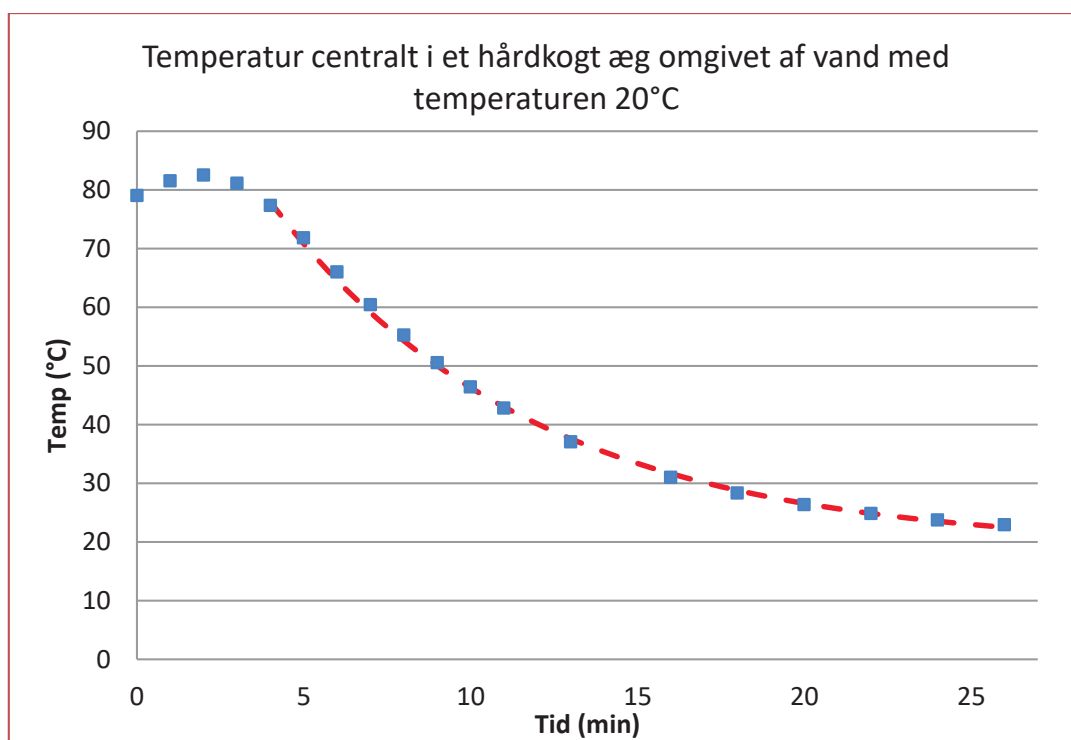
- At øve praktisk anvendelse af matematisk modellering
- At videreudvikle evnen til selvstændigt arbejde med dataindsamling, fx eksperimentelt arbejde
- At formidle arbejdet med dataindsamling, analyse og resultaterne heraf med et korrekt brug af fagbegreber så resten af klassen forstår det.

Projektet rummede for hver elevgruppe to praktiske undersøgelser der altså afslutningsvis skulle formidles til klassen. Oplægget til den ene undersøgelse lød:

- Find to størrelser som I formoder har en sammenhæng.
- Opstil en hypotese for den forventede sammenhæng.
- Foretag dernæst en indsamling af data, og undersøg om der er en sammenhæng som I kan beskrive matematisk.
- Kan I forklare hvorfor der er den fundne sammenhæng?
- Hvilke forudsigelser kan der laves vha. en eventuel matematisk model?
- Hvilke begrænsninger har en eventuel matematisk model?

Én af elevgrupperne valgte at arbejde med følgende problemformulering: Hvordan udvikler temperaturen i midten af et hårdkogt æg sig når ægget er taget op af kogende vand?

Baseret på erfaringer fra 1. g hvor eleverne i forbindelse med arbejde med energiforhold havde lavet en opgave der handlede om afkøling af te, havde eleverne en hypotese om at temperaturforskellen mellem det centrale af ægget og omgivelserne ville aftage eksponentielt. Gruppen gennemførte undersøgelser hvor ægget blev overført til koldt vand, og hvor ægget blev placeret i et æggebæger. Resultatet af det ene forsøg fremgår af figur 1 hvor den røde kurve viser at temperaturforskellen i tidsintervallet 4-27 minutter kan beskrives med en eksponentiel udvikling.



Figur 1. Udvikling af temperaturen i midten af et hårdkogt æg der anbringes i vand med temperaturen 20 °C. Den røde kurve angiver en eksponentiel model der efter fire minutter kan beskrive udviklingen i temperaturforskellen mellem ægget og vandet.

I forbindelse med den foreliggende undersøgelse kunne man sammen med eleverne (alt afhængigt af elevernes faglige niveau) overveje en lang række spørgsmål hvis besvarelse trækker på og udvikler såvel matematik- som fysikkompetencer:

- Hvorfor stiger temperaturen i midten af ægget de første minutter efter at ægget er taget op af det kogende vand, i stedet for at aftage i overensstemmelse med elevernes hypotese?
- Hvorfor ændrer væksthastigheden sig som på figur 1?
- Hvor lang tid skal man vente hvis man gerne vil spise sit æg når temperaturen i midten er 65°C hvilket tidsrum giver det mon mening at anvende den fundne matematiske model, og hvor godt vil modellen virke i forhold til andre æg?
- Kan vi ud fra måleresultaterne estimere den effekt hvormed æggeblommen udveksler varme med omgivelserne?

Betydning af fagintegrationen

Hvilken betydning har fagintegration mellem matematik og fysik for elevernes læring, interesse for fagene og holdning til at sammentænke fagene som i fyma? Svarene på de forskellige kategorier i det spørgsmål er givetvis ikke uafhængige af hinanden, for hvis man gennem fagligt samspil kan øge elevernes interesse og oplevelsen af relevans, vil en øget motivation kunne fremme såvel læring som en positiv vurdering af netop det faglige samspil.

Ifølge Honey foreligger der ikke en tilstrækkelig omfattende og passende designet forskning i effekten af integreret scienceundervisning i forhold til elevers eksamensresultater, evne til problemløsning, evne til at kombinere forskellige faglige domæner mv. til at man med stor sikkerhed kan konkludere vedrørende effekten af en fagintegreret tilgang. Honey konstaterer dog at der findes nogle veldesignede studier der tillader foreløbigt at konkludere at undersøgelser peger i retning af at integration kan føre til forbedret begrebsindlæring i fagene, men at effekten afhænger af både karakteren af fagintegrationen, elevernes forudsætninger og parametrene hvorpå der måles ved vurdering af udkommet af integrationen. Honey konstaterer at de fleste studier i STEM-læring betragter fagene enkeltvis og ikke måler de studerendes evne til at kombinere fagene eller mere overordnede kompetencer, fx generel problemløsning. Læringen måles således ofte med standardtests der ikke effektivt afdækker det fulde spektrum af læring der opnås ved fagintegration (Honey, 2014, s. 53).

Flere undersøgelser viser dog at fagintegration giver et positivt udbytte idet Kurt fx konstaterer: *"Empiriske undersøgelser der analyserer effektiviteten af det integrerede science-matematik program, viser at det integrerede program har positive effekter"* (Kurt, 2013) (red. oversættelse). Hurley har lavet en meta-analyse af 31 undersøgelser af læringsudbyttet af integreret science og matematik som bl.a. alle opererer med

kontrolgrupper og tilstrækkelig data til at beregne en effektstørrelse til sammenligning af læringsudbyttet. I undersøgelsen indgår forsøg med fagintegration på mange uddannelsesniveauer, men flest i "high school". Undersøgelsen viser en positiv effekt af integrationen svarende til en effektstørrelse på cirka 0,3 hvilket må betegnes som en lille værdi. Undersøgelsen indikerer at der er en lidt større læringsgevinst for naturfag end for matematik (Hurley, 1999). I en del studier skelner man ikke mellem de forskellige naturfag når effekten af integration med matematik analyseres. Fysik kan formodentlig karakteriseres som det af naturfagene der i videst omfang trækker på matematikkompetencer, og som derfor i særlig grad kan bidrage til udvikling af disse. Historisk har de to fag jo også udviklet sig i en tæt gensidig vekselvirkning der på visse områder gør det svært at skelne mellem de to fag. Dermed kan der måske forventes en lidt større læringseffekt ved fysik-matematik-samspillet i fyma end ved samspil mellem matematik og andre naturfag.

Ifølge Becker medfører integration af matematik i naturfagsundervisning en mulighed for at styrke elevernes oplevelse af matematikkens relevans:

"Integration af matematik med science, teknologi og engineering (STE) udstyrer elever med sammenhæng hvori de kan danne meningsfulde forbindelser mellem matematik og STE-fag. Matematik er allerede til stede i STE og integrerende tilgange kan bygge bro mellem abstrakte matematikbegreber og praksis i STE (Becker, 2011, s. 25) (red. oversættelse).

Berlin og White udtrykker holdningspåvirkningen og muligheden for at øge elevernes tro på egen formåen således:

"Elevmotivation til at mestre kan fremmes gennem integrerede science-matematik erfaringer baseret på personlige og sociale emnekredse og interesser. Involvering i denne slags oplevelser kan også bidrage til at opmuntre, støtte og nære elev-tillid til egne evner (dvs. self-efficacy) til at håndtere science og matematik" (Berlin, 1994, s. 4) (red. oversættelse).

Hvis man gennem fagintegration kan fremme elevernes forventninger til at klare kommende faglige opgaver, altså styrke elevernes *self-efficacy* (Bandura, 2016), kan det have en betydelig effekt på læringen:

"Oplevet self-efficacy er... den enkeltfaktor som korrelerer bedst med elevernes læringsudbytte. De to faktorer påvirkes af hinanden; elevernes faglige dygtighed har indflydelse på deres self-efficacy og omvendt. Den gensidige indflydelse foregår som led i en iterativ proces hvor elevens vurdering af egen formåen efterhånden bliver mere og mere realistisk" (Andresen, 2017, s. 13).

En del elever kommer på gymnasiet med den opfattelse af sig selv at de grundlæggende er dårlige til matematik. De har gennem uheldige oplevelser med matematik fået etableret et selvbillede hvor de føler sig dumme til matematik (Ulriksen, 2014, s. 66). Boaler er på linje hermed i beskrivelsen af matematikkens tilbøjelighed til negativ påvirkning af elevernes tro på egne evner:

“Matematik har, mere end noget andet fag, magten til at smadre elevers gejst. Når elever får den ide at de ikke kan matematik opretholder de ofte et negativt forhold til matematik hele resten af livet” (Boaler, 2016, s. x & xii) (red. oversættelse).

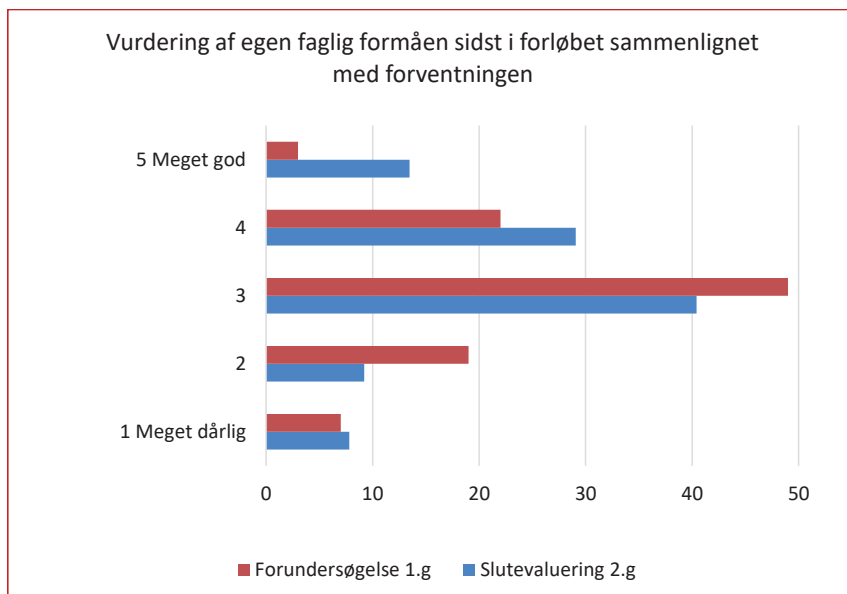
Sammenfattende viser ovenstående at man med baggrund i litteraturen kan forvente at integration af fysik og matematik i faget fyma vil have en vis positiv effekt i forhold til motivation, læring og holdning til faget. I det følgende sammenholdes dette med evalueringsresultaterne i forsøget.

Næsten alle eleverne, nemlig 89 %, tilkendegiver at de opfatter matematik som et nyttigt redskab til at forstå og beskrive naturfænomener i fysik. Og eleverne oplever at fagene har gensidig gavn af hinanden idet 64 % af dem mener at de bliver bedre til matematik ved at bruge det i fysikfaglige sammenhænge, mens 24 % ikke oplever at blive bedre til matematik. Mange elever giver udtryk for at det faglige samspil giver mening for dem:

“Jeg synes, det fungerer rigtig godt, til trods for, at de naturfaglige fag ikke er min spidskompetence. Jeg finder det rigtig svært, men at bruge matematikken i praksis gør det for mig mere relevant, og det hjælper mig med at bevare fokus, til trods for at jeg er i den dårligere ende i klassen. Dog er der stadigvæk mulighed for at klare sig godt, når man fx som mig forstår sig godt på astronomi. Matematikken bliver derfor nemmere at forstå, da den bliver koblet på konkrete eksempler og muligheder” (Elev).

Det eksperimentelle arbejde med efterfølgende matematisk analyse har et særligt potentiale som fagintegrerende og relevansskabende element, og eleverne har en meget positiv opfattelse af det eksperimentelle arbejde i fyma idet kun 6 % udtrykker sig negativt derom.

En betydelig del af eleverne i fyma-forsøgsklasserne har absolut ikke fysik og matematik som deres foretrukne fag. Dette kommer fx til udtryk ved at omkring 20 % både i forundersøgelse og slutevaluering tilkendegiver at de ikke mener at fysik og matematik skal være obligatoriske fag i gymnasiet. Det afspejler bl.a. at det særligt i forhold til matematik er velkendt at en del elever gennem grundskolen har mistet troen på egen formåen (Ulriksen, 2014), og analysen viser da også at særligt elever der har svært ved fagene fysik og matematik, foretrækker at de ikke er obligatori-



Figur 2. Sammenligning af den procentvise fordeling af elevernes svar på spørgsmålet “Hvor god tror du at du vil være til at klare de faglige krav i fysik og matematik (fyma)?” i begyndelsen af 1. g og spørgsmålet “Hvor god synes du at du har været til at klare de faglige krav i fysik og matematik (fyma)?” sidst i 2. g.

ske. Men en del elever tilkendegiver at det faktisk er gået fagligt bedre i fyma end de forventede ved indgangen til forløbet. Udviklingen i elevernes oplevelse af egen formåen er illustreret på figur 2. Svarene kan tolkes således at 26 % af eleverne ved begyndelsen af fyma-forløbet havde en lav self-efficacy, og at denne andel gennem forløbet reduceres betydeligt samtidig med at andelen af elever med tiltro til egne evner i forhold til fysik og matematik vokser fra 25 % til 42 %.

Lærerne der har været involveret i forsøget, bakker op om elevernes vurdering af at de faglige resultater er gode. Det er ikke overraskende idet udviklingen i elevernes oplevelse af egen faglig formåen naturligvis afspejler lærernes signaler, fx i form af karakterer. Lærerne vurderer generelt at elevernes typiske faglige udbytte gennem et toårigt fyma-forløb øges i forhold til de faglige mål for både fysik C og matematik C når de sammenligner med undervisning i etårige forløb i henholdsvis fysik C og matematik C. Et par eksempler på lærerudsagn:

“Når vi snakker om lysbølger og interferens, vil man i fysik C typisk anvende gitterligningen til at bestemme bølgelængden for lyset fra en laser. I fyma kan vi analysere situationen med anvendelse af trigonometri, og dermed forklare hvorfor interferensmønsteret ser ud, som det gør, hvilket er på et væsentligt højere taksonomisk niveau” (Lærer 1).

“Det er f.eks. nemmere for eleverne at skulle tænke kritisk over en model, hvis den er lavet over egne data – og her reflektere over måleusikkerheder og fejlkilder” (Lærer 4).

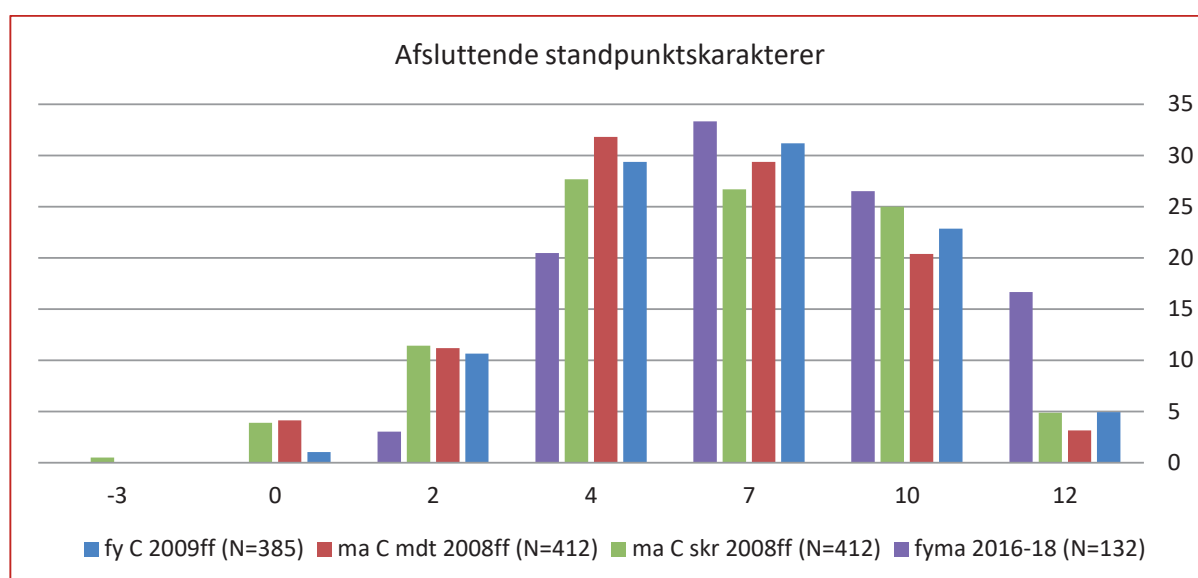
Fyma-forsøget har omfattet 132 elever med studieretningsfagene musik A-engelsk A (60 elever) eller engelsk A-samfundsfag B-psykologi B (72 elever). Eleverne har været fordelt på fem klasser. Figur 3 viser en sammenligning af de afsluttende standpunktskarakterer i fyma for disse 132 elever og de afsluttende standpunktskarakterer i hvert af fagene fysik C og matematik C for de cirka 400 elever der har haft samme studieretningsfag i perioden 2008-15. Kernestoffet for fyma er identisk med kernestoffet i fysik C og matematik C, og de faglige mål i fyma-læreplanen afspejler ret præcist de faglige mål i de separate læreplaner. Det er fx de samme faglige begreber som eleverne skal kende og være i stand til at anvende. Tilsvarende skal eleverne fx i fyma, som ved fysik C, kunne lave en eksperimentel undersøgelse med en efterfølgende matematisk analyse af data. Men hvis undersøgelsen af data fx giver anledning til opstilling af en eksponentiel model, kan der i fyma laves en matematisk efterbehandling der normalt ikke ville indgå i fysik C-undervisning, men som kan rummes inden for rammerne af matematik C. Når læreren skal vurdere eleven i form af en fyma-karakter, sker det på samme grundlag som ved karaktergivning i henholdsvis fysik C og matematik C idet læreren med sit kendskab til begge fag kan vurdere graden af målopfyldelse i forhold til hvert af de to fag. På den baggrund vurderes det rimeligt at sammenligne det faglige udbytte ved fyma på den ene side og fysik C samt matematik C på den anden side gennem de opnåede karakterer. Dog må det konstateres at fyma er en anden ramme for arbejdet med udvikling af elevernes fysik- og matematikkompetencer, og det kan give en vis forskydning af vægtningen af forskellige indholdselementer i forhold til undervisning i de separate fag. Det mest markante er formodentlig den øgede brug af tal- og symbolbehandling i tilknytning til fysiske problemstillinger. Det kan ikke udelukkes at den mulige forskydning kan influere lidt på karaktergivningen.

Fordelen ved at vurdere elevernes faglige udbytte af fagintegration gennem standpunktskaraktererne er at disse fremkommer som resultat af en længerevarende og mangefacetteret proces der giver lærerne mulighed for at vurdere eleverne i forhold til en bred vifte af kompetencer. Standpunktskarakteren afspejler således både elevernes forståelse af (tvær)faglige begreber, evne til anvendelse af disse i analysen af forskellige problemstillinger, kompetencer mht. empirisk arbejde, evne til faglig formidling og perspektivering osv. Standpunktskaraktererne udgør således et kvantitativt mål for elevernes læring der ikke blot er et nedslag på ét (tvær)fagligt emne som det typisk er tilfældet ved en mundtlig eksamen. Af figur 3 fremgår det at eleverne opnår højere karakterer i fyma end i hhv. fysik og matematik. Gennemsnittet i matematik C er for mundtlige og skriftlige karakterer henholdsvis 6,0 og 6,3, mens gennemsnittet for fysik C er 6,4. Dette karakterniveau afspejler klart at eleverne på de angivne studieretninger typisk har relativt svært ved at nå de faglige mål i fysik og matematik. Gennemsnittet for fyma-karaktererne er 7,9. Karakterløftet er statistisk signifikant og kan afspejle at eleverne faktisk gennem fyma i højere grad når de faglige mål. Det

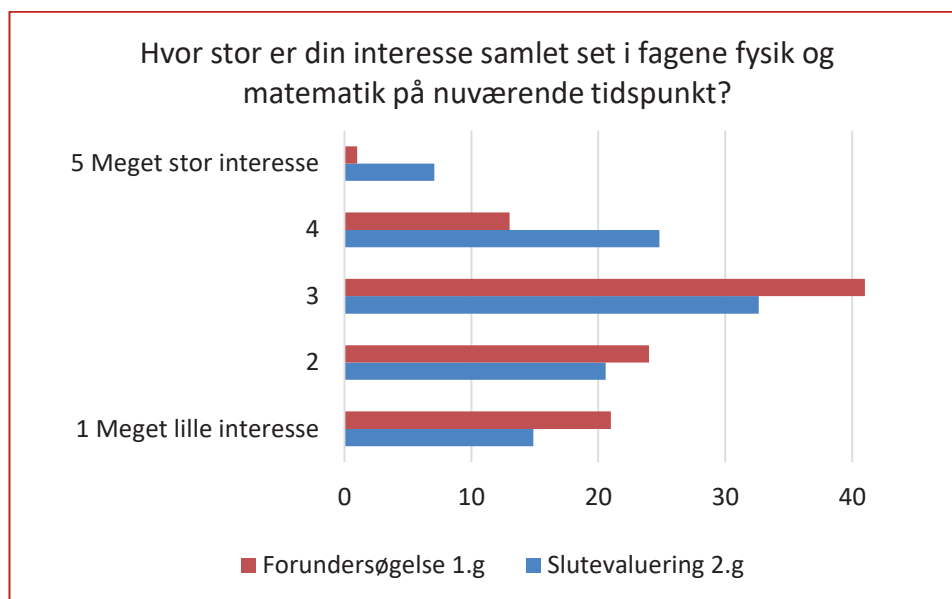
kan fx være at den tværfaglige ramme har medvirket til at elevernes evne til at tolke og diskutere matematiske modeller er blevet styrket. Men der må naturligvis tages forbehold for den bias der kan være hos lærere der deltager i et udviklingsprojekt med forventninger om gode faglige resultater. Dog er forskellen så markant at der med rimelighed kan konstateres en vis positiv læringseffekt.

Det er under halvdelen af eleverne der har haft fyma som er blevet udtrukket til studentereksamen hvilket sammen med valgfagssystemets påvirkning af eksamensudtrækket medvirker til at gøre det svært at sammenholde eksamensresultater med tidligere elevs resultater på samme vis som for standpunktskaraktererne. Men det forekommer at eksamensresultaterne i fyma korresponderer på samme vis til standpunktskaraktererne som de gør i fysik C og matematik C. Det betyder typisk at en høj standpunktskarakter vil afspejles i en høj eksamens karakter.

En betydelig del af eleverne tilkendegiver at de gennem fyma-forløbet har fået styrket deres interesse for fysik og matematik, mens en lille del (16 %) har fået reduceret interessen for fagene. Nettoresultatet af udviklingen i interessen fremgår af figur 4. Den positive udvikling afspejler at blot 17 % af eleverne giver udtryk for at der i fyma er arbejdet med uinteressante emner. Elever der ikke mener at fysik og matematik skal være obligatoriske fag i gymnasiet, er ikke overraskende overrepræsenteret i gruppen med reduceret interesse. En elev beskriver udviklingen således:



Figur 3. Sammenligning mellem fyma og fysik samt matematik af den procentvise fordeling af afsluttende standpunktskarakterer (årskarakterer) for elever med studieretningsfagene musik A-engelsk A og engelsk A-samfundsfag B-psykologi B. I matematik C får eleverne både en skriftlig (skr.) og en mundtlig (mdt.) standpunktskarakter.



Figur 4. Sammenligning af den procentvise fordeling af elevernes svar i forundersøgelse og slutevaluering på spørgsmålet: “Hvor stor er din interesse samlet set i fagene fysik og matematik på nuværende tidspunkt?”.

“Jeg synes, det er meget federe at have det som et samlet fag. Jeg har oplevelsen af at begge fag hver for sig for mig ikke har skabt meget interesse, eller været specielt spændende i folkeskolen samt grundforløbet. Men ved at slå dem sammen har de suppleret hinanden på en positiv måde, og øget min interesse for begge fag, og det er blevet mere overskueligt ved at de har været et fag” (Elev).

Kan fagintegration anbefales?

Der er naturligvis elever der er skeptiske i forhold til at møde et helt nyt fag som fyma, og selvom det ikke er målet (og måske slet ikke er muligt) at eleverne skal kunne skelne fysik- og matematikdelen af fyma fra hinanden, er der elever der er utrygge ved fagintegrationen. I et pilotprojekt til det omtalte forsøg med fyma blev de to fag integreret uden at sigte mod en fagintegreret eksamen. Baggrunden herfor var at Undervisningsministeriet i første omgang godkendte ansøgningen om fagintegreret undervisning, men ikke ansøgningen om en fagintegreret eksamen. Dette medførte at eleverne både i forbindelse med den daglige undervisning og i evalueringen udtrykte et klart behov for svar på spørgsmålet: Hvilket fag er det vi arbejder med nu? Pilotprojektet illustrerede således det velkendte forhold at eksamen med fordel kan indrettes så den afspejler den ønskede daglige undervisningspraksis idet den ellers vil have en negativ tilbagevirkning på praksis.

Et par eksempler på udsagn fra et par skeptiske elever:

“Jeg synes det er en dårlig ide, og jeg synes eleverne skal have ret til selv at bestemme, hvorvidt de vil have fyma eller fysik og matematik” (Elev).

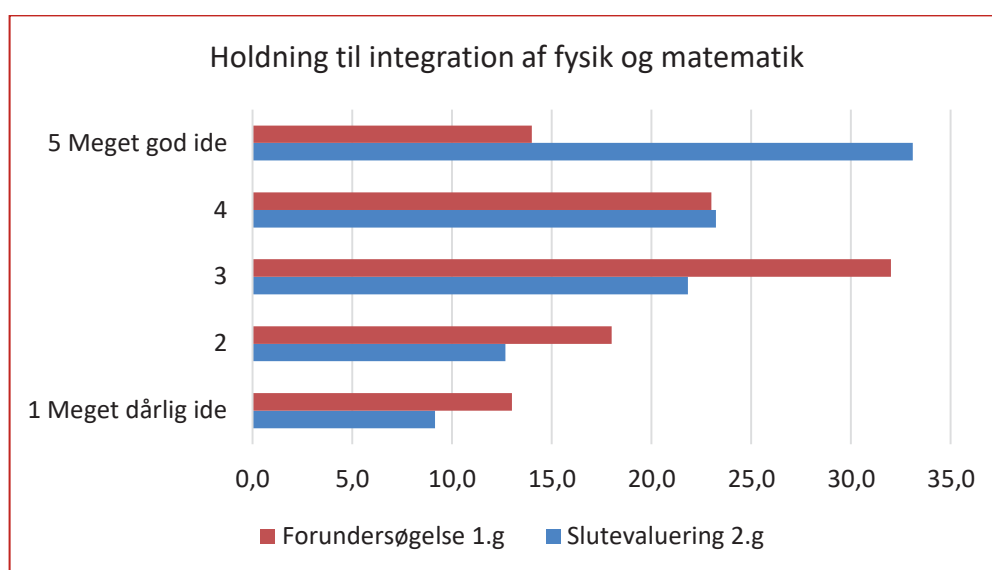
“Der må gerne være en større forskel på matematik og fysik, så man ved, hvornår man lærer noget matematik og hvornår man lærer fysik” (Elev).

Dog er der væsentlig flere positive elevudsagn om fyma end negative:

“Det giver i bund og grund god mening at slå fagene sammen, og det har været to gode år, på trods af at matematik for eksempel aldrig har været mit yndlings fag, men med supplement af fysik har det været bedre” (Elev).

“Jeg synes, at fyma har været et oplagt fag for os i forhold til vores studieretning, da vi både har matematik og fysik på C-niveau. På vores studieretning har vi et ry for at være knap så gode til matematik, så derfor er det jo en gave for os have matematik over 2 år, men stadig på et c-niveau. – og så endda med brug af fysikken indblandet i faget. Genialt! Vi lærer at tænke langt bredere end bare $2+2=4$, men at vi nu også kan hive eksempler fra fysikken og dermed få et langt større visuelt billede af det” (Elev).

Når man sidst i 2. g spørger eleverne om de foretrækker et fagintegreret fyma-forløb frem for enkeltfaglige forløb i fysik og matematik, er langt flere positive i forhold til idéen end det modsatte idet 55 % er tilhængere, mens 21 % er modstandere. I gruppen af modstandere er der en overrepræsentation af elever der slet ikke synes at de skal



Figur 5. Sammenligning af den procentvise fordeling af elevernes svar i forundersøgelse og slutevaluering på spørgsmålet: “Er det en god idé at slå undervisningen i fysik og matematik sammen i faget fyma?”.

undervises i fysik og matematik. Der er desuden, ikke overraskende, en klar korrelation mellem elevernes fyma-karakter og holdningen til sammenlægningen idet elever med en høj karakter har den mest positive indstilling. Figur 5 viser at eleverne sidst i fyma-forløbet har en væsentlig mere positiv vurdering af integrationen af de to fag end i begyndelsen af det næsten toårige forløb.

Lærerne der har undervist i fyma, er enige i elevernes positive vurdering af fagintegrationen og anbefaler at der på baggrund af forsøgserfaringerne arbejdes på at gøre det muligt at udbyde fyma i stedet for separat undervisning i fysik C og matematik C. En lærer udtrykker sig bl.a. således i vurderingen af synergien mellem fagene:

“Matematik på C-niveau har godt af at blive konkretiseret, og der er fysik jo en evig kilde til konkrete eksempler på de abstrakte potensfunktioner og trekantsberegninger, der ofte for nogle elever bliver indholdsløse “stiløvelser” i ren matematik” (Lærer 2).

Konklusion og perspektiver

Sammenfattende kan det på baggrund af det femårige forsøgsprojekt (inkl. pilotprojekt) med fagintegreret fysik- og matematikundervisning konkluderes:

- At eleverne efter adskillige års erfaring med fagopdelt undervisning i matematik og naturfagene på baggrund af fyma-forløbet anbefaler integration af fysik C og matematik C idet det eksperimentelle arbejde vurderes særlig positivt.
- At elevernes interesse for fysik og matematik styrkes gennem fyma-forløbet.
- At eleverne, i højere grad end de selv forventer, oplever at kunne leve op til de faglige mål i fyma.
- At lærerne vurderer at der er faglige synergieffekter ved integration af fysik og matematik. Dette kommer bl.a. til udtryk ved at eleverne får højere standpunktskarakterer i fyma end i de separate fag fysik C og matematik C.
- At det er en fordel for udviklingen af faglige kompetencer samt lærer-elevrelationen at fyma-forløbet har været toårigt. Dette er særlig væsentligt for matematikkompetencerne idet faget normalt færdiggøres i 1. g.
- At det har været betydningsfuldt for forsøget at en eventuel afsluttende eksamen var fagintegreret og dermed afspejlede den daglige undervisning.
- At trods ovennævnte samlede positive evaluering af fyma-forløbet reduceres andelen af elever der principielt ikke mener at fysik og matematik skal være obligatoriske fag i gymnasiet, ikke gennem fyma-forløbet.
- At lærerne anbefaler at det bliver muligt for gymnasier at undervise i fysik C og matematik C som et integreret fag, fyma.

I forlængelse af udviklingsprojektet med undervisning i forsøgsfaget fyma opstår en række spørgsmål der i et videre forsøgsarbejde fx kunne besvares gennem tilknytning af eksterne forskere: Hvordan udvikler elevernes interesse, motivation og faglige kompetencer sig i fyma relativt til fagopdelt undervisning (kontrolklasser)? Hvilke kompetencer og dannelseselementer styrkes i særlig grad gennem fagintegration i fyma? Hvilke typer af fagintegreret undervisning er særlig befordrende for elevernes udvikling? Kan de positive resultater i forbindelse med fyma reproduceres på andre gymnasier? Hvilken effekt har fagintegration hvis den gennemføres på et højere niveau, fx mellem fysik A og matematik A? Kan der opnås samme positive effekter ved at integrere matematik med andre teknisk-naturvidenskabelige fag end fysik?

Det kunne med andre ord være interessant og sandsynligvis perspektivrigt med en systematisk, forskningsbaseret afdækning af styrker og svagheder ved fagintegration i STEM-faggruppen i en dansk gymnasiesammenhæng hvor fagligt samspil i en studieretningsbaseret struktur indtager en væsentlig større rolle end i mange andre lande. Sidstnævnte forhold kan give anledning til en hypotese om at der i Danmark er særlige muligheder for at opnå positive effekter ved fagintegration.

Referencer

- Andersen, N.O. et al. (2008). *Et fælles løft – rapport fra arbejdsgruppen til forberedelse af en National Strategi for Natur, Teknik og Sundhed*. Undervisningsministeriet.
- Andresen, B. (2017). Feedbackstrategier i matematik. *MONA*, 2017(3), s. 7-18.
- Bandura, A. (2006). Guide for Constructing Self-Efficacy Scales. I: Urdan, T. & Pajares, F. (red.), *Self-Efficacy Beliefs of Adolescents* (s. 307-337). Charlotte: Information Age Publishing.
- Becker, K. & Park, K. (2011). Effects of Integrative Approaches Among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subjects on Students' Learning: A Preliminary Meta-Analysis. *Journal of STEM Education*, Volume 12, Issue 5 & 6, 2011.
- Berlin, D.F. & White, A.L. (1994). The Berlin-White Integrated Science and Mathematics Model. *School Science and Mathematics*, 94(1), s. 2-4.
- Berlin, D.F. & Lee, H. (2005). Integrating Science and Mathematics Education: Historical Analysis. *School Science and Mathematics*, 105(1), s. 15-24.
- Boaler, J. (2016), *Mathematical Mindsets*. San Francisco: Josey-Bass.
- Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (red.) (2014). Kapitel 3: Integrated STEM Education Experiences: Reviewing the Research I *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. National Academy of Engineering and National Research Council. Wasinghton, D.C.: The National Academies Press.
- Hurley, M.M. (2001). Reviewing Integrated Science and Mathematics: The Search for Evidence and Definitions from New Perspectives. *School Science and Mathematics*, 101(5), s. 259-268.

- Kurt, K. & Pehlivan, M. (2013). Integrated Programs for Science and Mathematics: Review of Related Literature. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(2), s. 116-121.
- Lederman, N.G. & Niess, M.L. *School Science and Mathematics*, 1997, s. 57-58.
- Loning, R.A. & DeFranco, T.C. (1997). Integration of Science and Mathematics: A Theoretical Model. *School Science and Mathematics*, 94(2), s. 212-215.
- Michelsen, C. & Iversen, S.M. (2009). Samspillet mellem matematik og de andre fag i gymnasieskolen. *MONA*, 2009(2), s. 21-36.
- Schnack, K. (1997). Hvorfor tværfaglighed? I: Knudsen, B. & Larsen, S. (red.), *Tværfagligheden på vej*. Alinea.
- Ulriksen, L., Murning, S. & Ebbensgaard, A.B. (2009). *Når gymnasiet er en fremmed verden*. Samfundslitteratur.
- Ulriksen, L., Ebbensgaard, A.B. & Jacobsen, J.C. (2014). Overgangsproblemer mellem grundskole og gymnasium i fagene dansk, matematik og engelsk. *INDs skriftserie nr. 37*.
- Undervisningsministeriet (2013a), Forsøgslæreplan for fyma.
- Undervisningsministeriet (2013b), Læreplan for fysik C – stx – juni 2013.
- Undervisningsministeriet (2013c), Læreplan for matematik C – stx – juni 2013.
- Undervisningsministeriet (2017). Vejledning. Matematik A/B/C, stx.

English abstract

Through a period of 5 years physics and mathematics have been integrated completely for some classes to investigate the effect on students in Upper Secondary with least interest in STEM-subjects. The effects of integration have been evaluated through questionnaires for the students (before and after a 2 year-course) and the teachers and by analyzing the academic results of the students. The project demonstrates positive effects on pupils' self-efficacy, interest in and attitude towards physics and mathematics. Pupils prefer integration of physics and mathematics to separated subject disciplines. There are clear indications that integrating physics and mathematics has positive effects on learning outcomes.