

STEM-læreres udvikling af en IT-medieret undervisningspraksis analyseret ved hjælp af TPACK

– Flipped learning som case



Henrik Levinsen,
Københavns
Professionshøjskole



Mette Hesselholt
Henne Hansen,
VIA University
College

Abstract: IT-medieret undervisning har potentiale til at transformere læreprocesser. Artiklen rapporterer en efteruddannelsesindsats for grundskolelærere med øget fokus på elevcentrerede læreprocesser i naturfag og matematik vha. flipped learning (FL). Vedr. lærernes evne til at anvende FL til praksisudvikling analyseredes deres intenderede og realiserede undervisning vha. analyserammen Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK). Analyserne viser lavere TPACK-niveau end lærernes selvevaluerede TPACK, mest udtalt i de pædagogiske vidensdomæner; realisering af den præsenterede FLIP-model finder kun sted i det omfang lærerne evner at omsætte teknologien så deres praksis reelt forandres. Det indikerer at succesfuld praksisudvikling via IT-medierede undervisningsformer afhænger mere af læreres pædagogiske (almendidaktiske) kompetencer end fx af deres IT-kompetencer, men indsatsen viser at FL kan operationalisere læreres TPACK.

Introduktion

Spørgsmål om hvordan man i efteruddannelsesindsatser kan arbejde med at integrere digitale læringsteknologier i STEM-læreres pædagogiske repertoire, har i de senere år fået stor opmærksomhed (Chai, 2019). IT-teknologier er spået en omkalfatrende rolle for undervisning, men empiriske undersøgelser viser at lærere har svært ved at designe teknologimedieret undervisning med fokus på elevcentrerede læringsformer hvis de ikke stilladseres (Koh, 2019).

I denne artikel viser vi hvordan teknologimedieret undervisning kan stilladseres vha. flipped learning, og vi introducerer Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK; Mishra & Koehler, 2006) i dansk grundskolekontekst som analyseramme til at vurdere i hvilken grad det sker.

De fleste studier af TPACK er baseret på læreres egne evalueringer (Pareto & Willermark, 2019). I en indsats der sigter på løbende at udvikle læreres TPACK, kan sådanne selvevalueringer imidlertid ikke stå alene. Vi følger derfor Pareto & Willermark's anbefalinger om at undersøge TPACK vha. designbaserede analyser af praksis.

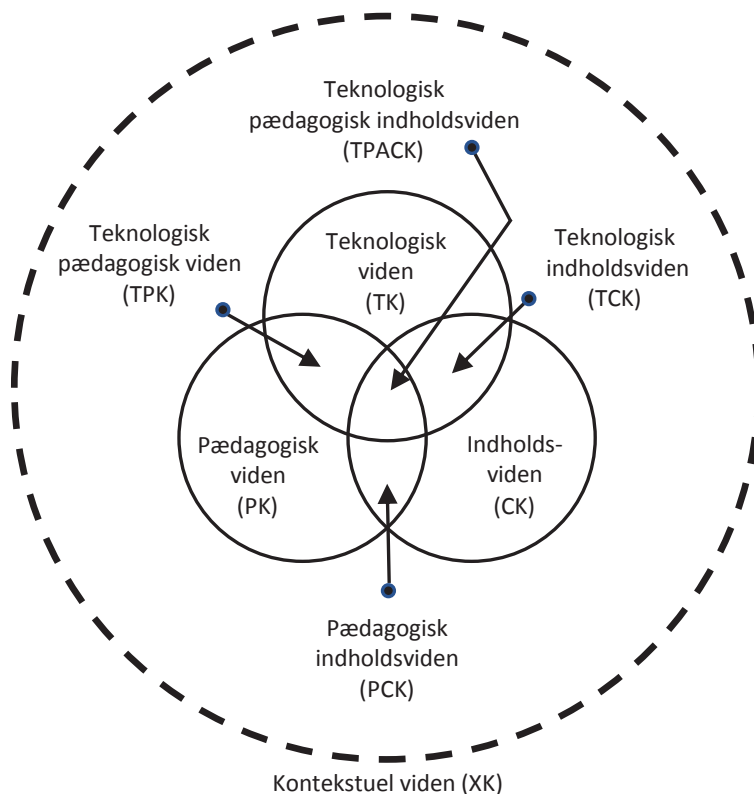
Formålet er at undersøge hvorvidt TPACK-rammen kan anvendes til at analysere matematik- og naturfagslæreres kompetenceudvikling med afsæt i spørgsmålet: Hvordan kan vi vha. TPACK vurdere matematik- og naturfagslæreres evne til at integrere digitale teknologier i undervisningen gennem en designbaseret analyse af deres flipped learning-undervisning?

Teoretisk baggrund

TPACK – integrering af teknologi i PCK

Med Mishra & Koehler (2006) introduceredes et begrebsapparat til at vurdere læreres evne til at integrere digitale læringsteknologier i deres undervisning. Tilføjelsen af det teknologiske vidensdomæne (T'et) til PCK udvider forståelsesrammen med et fokus på hvordan læreres viden om digitale teknologier integreres med de øvrige vidensdomæner (Voithofer et al., 2019). I alt fører T'et til yderligere fire vidensdomæner ud over de tre grundlæggende PCK-vidensdomæner PK, CK og PCK. Disse er 1) teknologisk viden (TK), 2) teknologisk indholdsviden (TCK), 3) teknologisk pædagogisk viden (TPK) samt 4) teknologisk pædagogisk indholdsviden (TPACK; se figur 1). Vi benytter senere i artiklen den gængse TPACK-terminologi for kombinationen af vidensdomænerne: De tre grundlæggende vidensdomæner, CK, PK og TK, kaldes førsteordensdomæner af TPACK; overlappet mellem to af disse vidensdomæner kaldes andenordensdomæner mens den ægte delmængde mellem CK, PK og TK, som integrerer alle tre domæner, kaldes tredieordensdomænet (sensu Mishra & Koehler, 2006).

T'et skal ikke forstås som et ekstra "lag" til CK og PK, men snarere som at TK må integreres meningsfuldt i/med disse vidensdomæner fordi: "*merely knowing how to use technology is not the same as knowing how to teach with it*" (Mishra & Koehler, 2006 p. 1033). Netop dette forhold mellem TK og de øvrige TPACK-vidensdomæner er sidenhen blevet underbygget af empiriske undersøgelser (Dong et al., 2015; Koh et al., 2013; Pamuk et al., 2013). De viser at andenordens vidensdomænerne TPK og TCK er stærke prædiktorer for TPACK, men at PCK er svagere korreleret med TPACK. Sidstnævnte tyder på at erfarne lærere ikke nødvendigvis er i stand til at overføre deres pædagogiske viden og færdigheder til en teknologimedieret undervisningspraksis (do.).



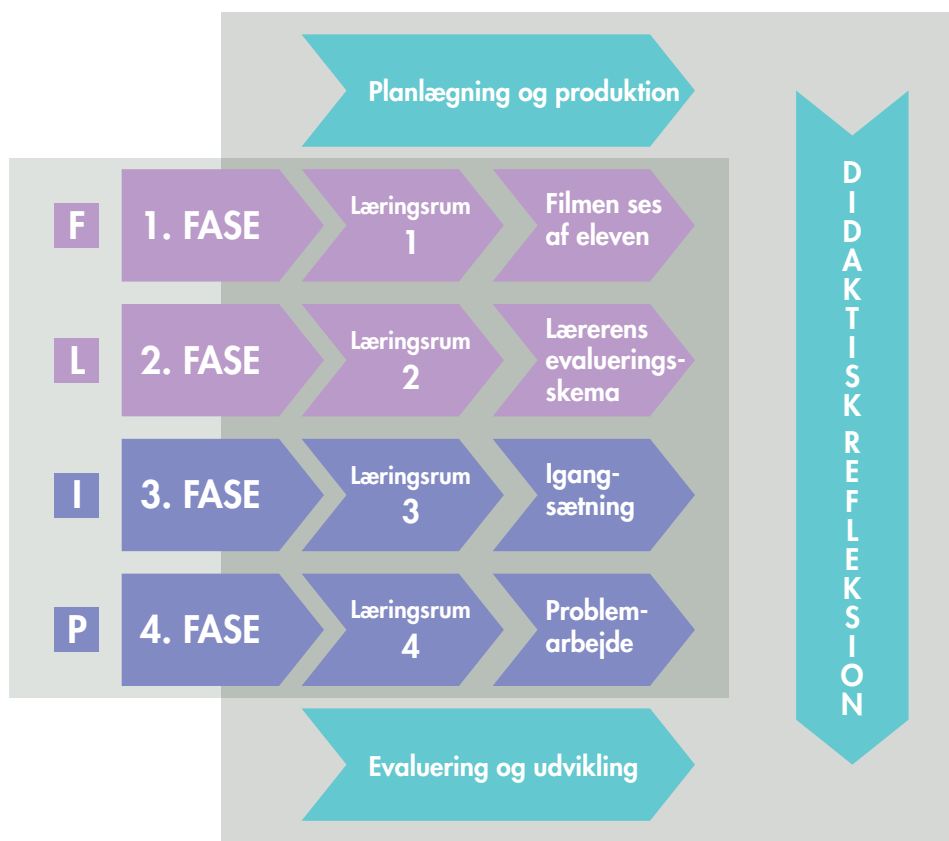
Figur 1. TPACK-rammens vidensdomæner, der er en udbygning af Shulman's oprindelige formulering af "pedagogical content knowledge" (PCK). Efter Mishra & Koehler (2006) og Mishra (2019).

Som det fremgår, konceptualiserer TPACK lærerens "det hele", dvs. lærerens fulde undervisningsmæssige repertoire hvilket kan formuleres som: "TPACK can be perceived as a teacher's intuitive understanding for teaching subject-specific content with appropriate pedagogical methods and selected technologies." (Wang et al., 2018). Som citatet antyder, indeholder TPACK en situerethed. Desuden udøver læreren sin undervisningspraksis indlejret i en konkret kontekst. I overensstemmelse hermed har TPACK-forskningen parallelt med PCK-forskningen (Carlson et al., 2019) udviklet rammen så den omfatter viden om de organisatoriske og situationelle faktorer der rammesætter lærerens arbejde (Mishra, 2019).

Operationalisering af TPACK via flipped learning

I det beskrevne efteruddannelsesforløb agerer Flipped Learning (FL) case på en IT-medieret undervisningsform der hvis den praktiseres jf. figur 2, kalder på lærerens fulde TPACK. Opdraget til de deltagende lærere var at de skulle anvende flipped lea-

ring i deres undervisning der hvor de ønskede at udvikle egen praksis hen imod en specifik pædagogisk intention. Det vil sige at inddragelse af skulle finde sted hvor det ud fra en pædagogisk-didaktisk vurdering gav mening. Selvom teknologien var forudbestemt, skulle lærerne således kunne identificere et pædagogisk-didaktisk formål med FL-anvendelsen jf. Wang-citatet ovenfor om at teknologiinddragelsen skal være "appropriate". Fuld valgfrihed omfattede om videoerne blev produceret med smartphones som optagelser af lærerens forsøgsopstillinger, som gennemgang ved tavlen eller via skærmoptagelser fx med udgangspunkt i en model. Der var også frit valg i forhold til hvilke platforme FL-materialerne blev distribueret på.



Figur 2. FLIP-modellen udviklet med udgangspunkt i Levinsen et al. (2016). Video(er) og digitale spørgeskema(er) produceres og distribueres inden de lektioner de understøtter og/eller forbedrer; de bruges af eleverne som forberedelse (fase 1 og 2). Videoerne giver eleverne et fagligt grundlag; de peger ind i de senere faser (feedforward), så de fungerer som stillads for elevcentreret undervisning (fase 3 og 4). Modellen har indlejret progression med krav om et stigende kognitivt taksonomisk forståelsesniveau hos eleverne bl.a. understøttet af den formative evaluering (fase 2) og lærerens støtte og vejledning i de to sidste faser.

Vurdering af TPACK

For at TPACK kan bruges som et analyseværktøj har Pareto & Willermark (2019) foreslået en designbaseret tilgang, som de kalder "TPACK in situ" (tabel 1). Værktøjet er en omformuleret version af de generiske TPACK-beskrivelser så de udtrykker konkrete analytiske enheder i undervisningens planlægningsfase og/eller afspejler observerbare handlinger i praksissituationer. En fordel ved at betragte undervisning som en designaktivitet er at kompleksiteten reduceres. Undervisningen opdeles i håndterbare analytiske størrelser der lettere kan vurderes. FL-metoden kan således når den overføres på TPACK in situ-rammen, bruges til at vurdere FL-undervisning i forhold til de 7 forskellige TPACK-vidensdomæner beskrevet konkret for FL i tabel 1. To andre metoder til at vurdere lærernes TPACK-niveau udfoldes i metodeafsnittet.

TPACK in situ		FL in situ	
Vurdering af didaktisk design (demonstration af anvendt TPACK)		Design af FL-materialer	Realiseret FL-undervisning
CK	<i>Vurderer hvilke fagspecifikke mål det didaktiske design adresserer, og hvorvidt disse er vigtige i den konkrete sammenhæng.</i>	Relevant stofudvælgelse med udgangspunkt i fælles mål, som egner sig til FL-materialer, og som er central for arbejdet med emnet.	Det faglige indhold integreres i den didaktiske FL- undervisningsstruktur.
PK	<i>Vurderer hvilke pædagogiske strategier det didaktiske design adresserer, og hvorvidt disse er vigtige i den konkrete sammenhæng.</i>	Relevante pædagogiske overvejelser, som sikrer sammenhæng mellem FL-læringsrummene.	Der anvendes pædagogiske strategier, som kobler læreprocesserne i FL- læringsrummene.
TK	<i>Vurderer anvendelsen af teknologi (f.eks. aktiviteter understøttet af teknologi), som er til stede i det didaktiske design, og deres egnethed til den konkrete sammenhæng.</i>	Relevant anvendelse af den teknologiske ramme i FL.	Den teknologiske ramme understøtter elevernes forberedelse og danner afsæt for elevcentrerede aktiviteter.

TPACK in situ		FL in situ	
Vurdering af didaktisk design (demonstration af anvendt TPACK)		Design af FL-materialer	Realiseret FL-undervisning
PCK	<i>Vurderer hvordan de valgte pædagogiske strategier understøtter de faglige mål i det didaktiske design.</i>	Relevante pædagogiske valg, som kobler centrale undervisningsmål og faglige elementer med læreprocesserne i læringsrummene.	Situeret styring af læreprocesserne, så de understøtter aktiviteterne og den faglige læring.
TCK	<i>Vurderer hvordan teknologianvendelsen understøtter de faglige mål i det didaktiske design.</i>	Anvendelse af teknologi til udarbejdelse af FL-materialerne, som understøtter undervisningsmål og/eller faglige elementer.	Situeret inddragelse af de teknologiske elementer, så de understøtter undervisningsmål og/eller faglige elementer.
TPK	<i>Vurderer hvordan teknologianvendelsen understøtter de pædagogiske strategier i det didaktiske design.</i>	Pædagogiske overvejelser ved valg af teknologiske elementer, som sikrer sammenhæng mellem de to læringsrum i FL.	De pædagogiske og teknologiske elementer sikrer sammenhæng mellem læringsrum og danner afsæt for elevcentrerede aktiviteter.
TPACK	<i>Vurderer samspillet mellem de valgte pædagogiske strategier, teknologianvendelsen og de udvalgte faglige mål i det didaktiske design, som grundlag for udbytterige og situationstilpassede læringsarenaer i den konkrete sammenhæng.</i>	Relevante pædagogiske valg, som kobler centrale undervisningsmål og/eller faglige elementer med læreprocesserne i læringsrummene, medieret af relevant teknologi.	Situeret anvendelse af pædagogiske og teknologiske elementer sikrer sammenhæng mellem læringsrummene og understøtter undervisningsmål og/eller faglige elementer.

Tabel 1. Pareto & Willermark's TPACK in situ-beskrivelse overført til FL-metoden. Venstre kolonne gengiver in situ vidensdomænerne fra deres tabel 1 (forfatternes oversættelse). FL in situ bruges både til at vurdere designet af FL-materialer og til at vurdere den realiserede FL-undervisning (hhv. den intenderede teknologimedierede undervisning og udmøntningen af den didaktiske hensigt i undervisningen. Se "Metode").

Designbaseret analyse af lærernes TPACK

Med et designperspektiv på operationalisering af TPACK kan læreres undervisning ses som et flow af didaktiske designaktiviteter i form af forløb de planlægger, afholder og evaluerer. Betragtes FL endvidere som en undervisningsmetode der integrerer alle TPACK-rammens vidensdomæner, kan metoden opfattes som et design-stillads; FLIP-modellen stilladserer lærernes forestillinger om teknologimedieret undervisning såvel som deres konkrete planlægning og implementering. Vi betragter således FL-materialer (video indlejret i spørgeskema) som undervisningens *designobjekter* der udtrykker *intenderet* TPACK. FL-undervisningen der gennemføres på baggrund af disse designobjekter, betragter vi som *realiseret* TPACK.

Metode

Undersøgelsen er informeret af data fra en intervention gennemført fra 2016 til 2018. Interventionen var inspireret af QUEST-projektets Q-rytme (Nielsen et al. 2013) og designet efter en kursusmodel hvor kursisterne med udgangspunkt i FL-modellen (figur 2) skiftevis arbejdede med design og produktion af FL-materialer på kursus (3+1+1 dage) og efterfølgende afprøvede materialerne i egen undervisning i perioderne mellem og efter de i alt fem kursusdage.

Kurset fokuserede særligt på:

- videoers formål og evne til at igangsætte elevaktiviteter
- videoers og spørgeskemaers kobling til aktiviteter i klassen samt den generelle sammenhæng og progression mellem FL-faserne
- spørgeskema som formativt evalueringsredskab
- elevers naturfaglige kompetencer (særligt undersøgelseskompetencen).

Et tilbagevendende element i og efter kurset var struktureret og individuelt tilpasset sparring og feedback på det didaktiske design af FL-materialerne.

Samlet set var målet at styrke kursisters didaktiske refleksionsproces på en måde så TK blev udviklet i en integreret pædagogisk og indholdsmæssig kontekst (TPACK).

Nedenfor beskrives det metodiske grundlag for TPACK-analyserne på en måde så det afspejler trinvis mere nuancerede data: fra surveys over vurderinger af FL-designobjekter til observationer af FL-undervisning. Denne struktur genfindes i resultatafsnittet.

Lærernes selvevaluering af TPACK

For at kortlægge kursisters egen vurdering af deres TPACK gennemførte vi i projektets begyndelse et survey baseret på et spørgeskema af Schmidt et al. (2009). Som

et yderligere proxymål for deltagernes TPACK bad vi kursisterne om løbende at selv-rapportere en vurdering af deres undervisning efter forløb hvor de havde anvendt FL.

Kursisternes TPACK afspejles indirekte i planlægningsfasen hvorfor det er muligt at differentiere mellem intenderet og realiseret TPACK ved at vurdere både planlagte og gennemførte undervisningsforløb.

Lærernes intenderede TPACK

Intenderet TPACK blev bestemt vha. to metoder. Den første, *planlægningsmetoden*, tager afsæt i FLIP-modellen (figur 2). Kursisterne formulerer aktionslæringsmål for egen praksisudvikling samt mål for indhold og aktiviteter i forløbet der anvendes til at planlægge og producere video og spørgeskema. Den anden, *vurderingsmetoden*, følger rationalet bag de tre vurderingstrin komponentnedbrydning, komponentinteraktioner og kvalitetsvurdering af FL-materialet (Pareto & Willermark, 2019). Vi dekonstruerede således først kursisternes kompetencer ud fra vurderingskriterierne i tabel 2. Derefter foretog vi en analyse af designelementernes sammensætning og interaktioner vha. tabel 1.

FL-materialer til analyse blev udvalgt i to iterationer. I første iteration opstillede vi minimumskriterier for designet som FL-materialerne skulle opfylde. De skulle således indeholde alle førsteordensdomæner i TPACK idet vurderingsmetodens to næste skridt (komponentinteraktioner og kvalitetsvurdering) ellers ikke ville give mening. I "Resultater" nedenfor præsenteres tre analyser for hvert naturfag samt for matematik. Anden iteration havde til formål at vise illustrative eksempler på kursisternes forskellige TPACK-niveau – især repræsentative styrker og svagheder i forhold til højereordens TPACK-domæner.

Didaktisk design		Titel 1	Titel 2	Titel 3	
	Fag				
Content (CK)	Tydelig og hensigtsmæssig afgrænsning				
	Fokuserer på nye fagbegreber og/eller fænomener				
	Bringer modelleringskompetencen i spil				
	Bringer perspektiveringskompetencen i spil				
	Bringer undersøgelseskompetencen i spil				
Pedagogy (PK)	Introducerer formål og/eller læringsmål				
	Tydelig formidling (af indhold)				
	Kobler læringsrummene				
	Evalueringskemaet tilgodeser elevens selvregulering				
	Evalueringskemaet giver læreren mulighed for indsigt i elevernes forståelse				
Technology (TK)	Videoens script er forståelig				
	Brug af relevant formidlingssoftware/teknologi				
	Varighed af video tilpas				
	Kvalitet (lyd og lys) tilfredsstillende				
	TPACK in situ vurdering pba. tabel 1				

Tabel 2. De elementer der anvendes til analyse og vurdering af FL-materialernes intenderede didaktiske design sammen med tabel 1 (FL-in situ).

Lærernes realiserede TPACK

En delmængde på tre af designvurderingerne af intenderet TPACK blev udvalgt og analyseret vha. tabel 1 og 2 ud fra et ønske om eksemplarisk at demonstrere kursisternes udfordringer i forhold til højereordens interaktioner i TPACK-modellen og for at vise at sammenhæng mellem intenderet og realiseret TPACK ikke er simpel.

Resultater og analyse

Lærernes selvevaluering af TPACK

Selvevalueret TPACK-niveau blev målt i et survey ved interventionens begyndelse (tabel 3). Dette survey viste at:

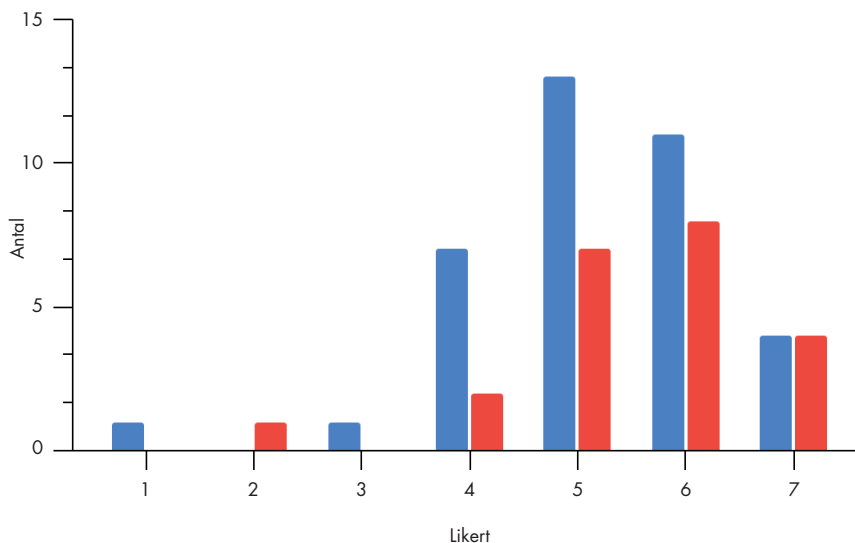
- De faglige videnskategorier scorer lavest.
- PK scorer højest og alle kombinationer med "P" scorer højt.
- TK og kombinationer med T scorer middel (TCK) eller lidt over middel (TK & TPK).
- TPACK scorer middel.

Lærerne ser øjensynligt primært sig selv som pædagogiske (didaktiske) specialister. Desuden har de forholdsvis stor tiltro til egne evner inden for det teknologiske felt. Det springer i øvrigt i øjnene at natur/teknologi scorer markant lavere end de andre naturfag i kategorien faglig viden (CK).

TK	CK (biologi)	CK (geografi)	CK (fysik/kemi)	CK (natur/teknologi)	PK	PCK	TCK	TPK	TPCK
37	31	33	31	26	41	39	36	38	36

Tabel 3. TPACK-survey baseret på Schmidt et al. (2009) med 46 spørgsmål om lærernes selvevaluerede TPACK ($n = 47$; svarprocent = 72). Surveyet består af seks spørgsmål til hvert vidensdomæne og benytter en 5-punkts Likert-skala fra "meget uenig" (1) til "meget enig" (5). For hvert spørgsmål er en samlet score beregnet som summen af svarenes værdi på Likert-skalaen. Tabellen viser gennemsnit af denne værdi for hvert vidensdomæne. Surveyet kan tilgås via dette link. Matematik indgik først senere i efteruddannelsesforløbet hvorfor der ikke findes en TPACK-score for dette fag i tabellen.

Målt i forhold til kvaliteten af "normal" undervisning viser lærernes løbende selvevalueringer af deres teknologimedierede undervisning en tydelig højrefordeling i forhold til middelværdien (figur 3). Mønsteret gælder både for naturfag og matematik.



Figur 3. Læreres oplevede kvalitet af deres FL-undervisning: 1 = lav kvalitet, 4 = normal kvalitet, 7 = høj kvalitet. Blå (naturfag; $n = 37$); Rød (matematik; $n = 22$).

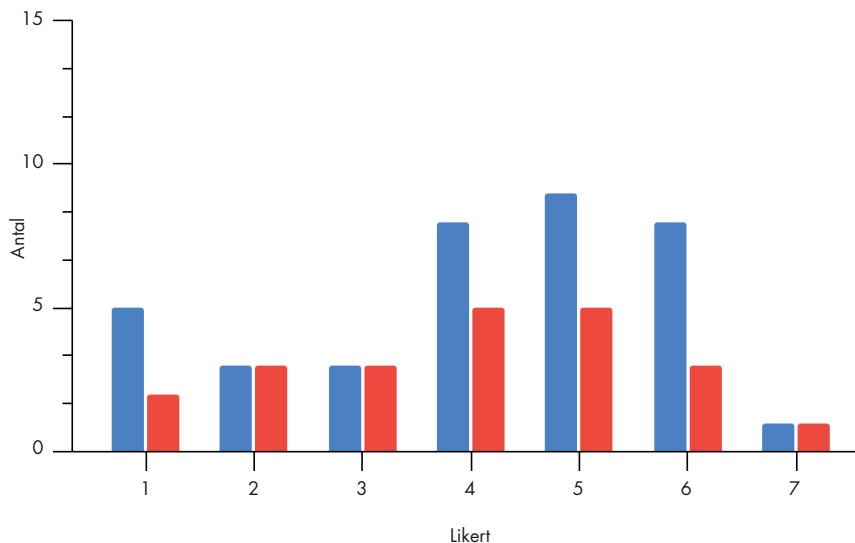
For at vurdere om den høje selvvaluerede kvalitet af undervisningen skyldes at lærerne forberedte sig mere til de teknologimedierede forløb, blev de spurgt til deres arbejdsbyrde ud fra en antagelse om proportionalitet mellem forberedelsestid og undervisningskvalitet (figur 4). Her ses stor variation i lærernes oplevede arbejdsbyrde og en tendens til oplevet merarbejde. Tendensen kan være underestimeret idet tidsforbruget også gælder undervisningsforløb som ikke udelukkende består af FL-undervisning.

Lærernes intenderede TPACK

Der blev i alt produceret 142 designprodukter i form af FL-materialer fordelt med 16 på matematik og 136 på naturfag (biologi 26, fysik/kemi 60, geografi 33 og N/T 7).

Vurderet ud fra *planlægningsmetoden* producerede stort set alle lærere digitale FL-materialer, som de gjorde tilgængelige online. Næsten alle koblede desuden spørgeskema og video(-er) der muliggjorde formativ evaluering af eleverne inden undervisningen. Hermed demonstrerede deltagerne at de beherskede den nødvendige teknologiske viden (TK).

Mange designs viser imidlertid mangelfuld realisering af FLIP-modellens didaktik. Overordnet giver FL-materialerne indtryk af at lærernes udfordringer i planlægningsfasen var at målsætte og designe indholdet på en måde der knytter læringsrummene sammen. Selvom lærerne mestrede TK, koblede de ofte ikke dette vidensdomæne med de øvrige PCK-domæner, særligt PK.



Figur 4. Lærernes oplevede arbejdsbyrde ved FL-undervisning: 1 = lav arbejdsbyrde, 4 = normal arbejdsbyrde, 7 = høj arbejdsbyrde. Blå (naturfag; n = 37); Rød (matematik; n = 22).

Bedømmelsen ud fra vurderingsmetoden og den idealiserede FL in situ-beskrivelse viser med større detaljeringsgrad de samme mangler som vi fandt via planlægningsmetoden. Som det fremgår af komponentnedbrydningen (tabel 4), var TK isoleret set indeholdt i næsten alle udvalgte FL-materialer, men til trods for dette vurderer vi med afsæt i tabel 1 at mange af FL-materialernes in situ-designkvalitet ligger langt fra det højeste niveau på TPACK in situ-skalaen idet lærerens teknologiske mestring ikke blev omsat til et forandret indhold og udbytte af undervisningen.

Oftest mangler FL-materialerne at kommunikere forklaringer og begrundelser hvorfor lærernes PK generelt fremstår svagt (få krydser i PK-domænet). Andre omvend mindre væsentlige faktorer der bidrager til en lav vurdering af lærernes TPACK-niveau, skyldes vanskeligheder ved enten "Tydelig og hensigtsmæssig afgrænsning" af indholdet (CK) og/eller aktivering af for mange kompetencer på en gang som i eksemplet "Vandets kredsløb – en billedintro" (geografi) hvor indholds- og kompetencevalg er diffust.

Blandt de mange designobjekter findes ingen der tydeligt formidler et formål om at lære nye begreber. Det er tankevækkende idet det er et grundlæggende princip i FL at henlægge de kognitivt lavtaksonomiske dele af undervisningen til hjemmearbejdet. Vi kan ikke ud fra videoerne afgøre hvorvidt der indgik nye ord i FL-materialerne, men nye begreber blev i så fald ikke introduceret og formidlet eksplicit som nye over for eleverne hvilket vi ville forvente i en begrebsintroducerende video.

Endelig skal fremhæves lærere der bevidst producerede designobjekter der ikke følger FLIP-modellen, men som stadig vurderes at have intenderet TPACK. Det gælder fx en N/T-lærer der bruger video uden spørgeark til indskolingselever og ikke anvender

Didaktisk design		Din klatrø mobiltelefon	Hvad er der inde i en høne?	Fotosyntesen	Elektricitet derhjemme	Hvordan virker en vindmølle?	Ioniserende stråling (case)	
		Biologi			Fysik/kemi			
Content (CK)	Tydelig og hensigtsmæssig afgrænsning	X	(X)	X	(X)	(X)	X	
	Fokuserer på nye fagbegreber og/eller fænomener		X					
	Bringere modelleringskompetencen i spil		X	X				
	Bringere perspektiveringskompetencen i spil		X			X		
	Bringere undersøgelseskompetencen i spil	X			(X)		X	
Pedagogy (PK)	Introducerer formål og/eller læringsmål	X		(X)			X	
	Tydelig formidling (af indhold)	X	X	X		(X)	X	
	Kobler læringsrummene	X		X			X	
	Evalueringskemaet tilgodeser elevens selvregulering	X	(X)	X	(X)	X	X	
	Evalueringskemaet giver læreren mulighed for indsigt i elevernes forståelse	X	X	X	(X)	X		
Technology (TK)	Videoens script er forståelig	X	(X)	X	X	X	X	
	Brug af relevant formidlingssoftware/teknologi	X	(X)	X	X	X	X	
	Varighed af video tilpas	X	X	X	X	X	X	
	Kvalitet (lyd og lys) tilfredsstillende	X	X	(X)	X	X	X	
TPACK in situ vurdering pba. krydslæsning med tabel 1		TPACK	TCK	TPACK	TK/TCK	TK/TCK	TPACK	

Tabel 4. Matrix til brug for den designbaserede analyse af tre FL-materialer pr. fag. Et "x" angiver tilstedeværelse, et "(x)" angiver delvis tilstedeværelse, og et tomt felt angiver ikke-tilstedeværelse.

	Klima- og plantebælter samt hydrotermfigurer	Vandets kredsløb – en billedintro	Hvor kommer vinden fra? (case)	Lav model af øjet med linse	Instruerende forsøgsvejledning	Sanser	Ligedannede trekanter	Funktioner	Brøker (case)
	Geografi			Natur/teknologi			Matematik		
	X	(X)	X	X	X	X	X	X	X
	X	(X)	X			X			X
	X	(X)		X				X	
		(X)					X		
		(X)			(X)				
	X			(X)	X	X		X	
	X	(X)	X	X	X	X	X	X	X
	(X)					X		X	
							X		
	X	X	X			X	X	X	
	X	(X)	X	X	X	X	X	X	X
	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	(X)	(X)	X	X	(X)	X	(X)	(X)	(X)
	X	X	X	X	X	X	X		X
	TPACK	TK/ TCK	TCK	TPACK	PCK	TPACK	TCK	TPACK	CK

værelse af en række didaktiske designelementer. Kolonner hvor disse angivelser er skrevet med rødt er didaktiske designs der også er genstand for analyse af realiseret TPACK.

Case 1: Geografi, 9. klasse (Hvor kommer vinden fra?)

Lærerens aktionslæringsmål: *Hvordan kan vi producere videoer, der muliggør hurtig igangsættelse af undersøgelser i begyndelsen af timen? Hvordan kan vi inddrage videoforberedelsen i begyndelsen af timen, så den lægger godt op til undervisningsaktiviteterne?*

9. D samles i naturfagslokalet til en dobbeltlektion om vind. Der er 26 elever i klassen, som har forberedt sig til emnet vha. FL-materiale, der består af en animationsvideo indlejret i en Google Analyse med spørgsmål.

Lektionen begynder med en fælles gennemgang af elevernes svar. Naturfagsteamet har arbejdet med denne forberedelses- og igangsætningsstruktur i alle tre naturfag, så eleverne kender arbejdsgangen.

Efter gennemgangen genser klassen sammen en kort video fra National Geographic, som modellerer coreolis-effekten vha. en karrusel med fire personer og en bold. Læreren stiller spørgsmål, som kobler videoens model til det materiale, eleverne har arbejdet med hjemme.

Nu går klassen ud i atrium-gården uden for naturfagslokalet, og læreren stiller eleverne op på række. De første 13 elever har ansigtet i én retning, og de næste 13 har ansigtet i modsat retning. I dialog med eleverne kobler læreren geografifaglige begreber som nordpol, ækvator, rotationshastighed og døgn på modellen, før bevægelsen sættes i gang: eleverne skal dreje nogle omgange for at simulere jordens rotation. De yderste elever må løbe hurtigt, og alligevel afbøjes kæden til en s-form.

Tilbage i klassen spørger læreren til elevernes oplevelse af modelleringsøvelsen. Eleverne genkender den s-formede afbøjningskurve i deres model fra videomaterialet om coreolis-kraften.

Herefter laver eleverne i grupper undersøgende modellering af densitet ved hjælp af vand. Læreren udleverer frugtfarve og salt, og rammesætter undersøgelserne ved at bede eleverne finde ud af, hvordan vandets densitet påvirkes af temperatur og saltindhold. Grupperne får til opgave at diskutere, hvordan forsøget viser elementer fra videoen, og de får at vide, at forsøget også forbereder næste uges emne, der skal handle om havstrømme.

Case 2: Matematik, 5. klasse (Brøker)

Lærerens aktionslæringsmål: *Hvordan kan vi skabe en positiv fejlkultur? Hvordan kan vi igangsætte undersøgende processer? Hvordan kan vi tilpasse FL-forløb til specifikke klassers behov og kompetencer?*

5. klasse er begyndt på et forløb om brøker. Der er 21 elever i klassen. Som forberedelse til lektionen har de fået et link til en video, hvor matematiklærerne bestiller pizza. Videoen er en dialog mellem to matematiklærere, som sætter fokus på, hvad brøker betyder, samtidig med at de rammesætter en almindelig fejlforståelse i brøkgregning: de må hellere bede om at få pizzaen skåret i fire stykker, da de ikke kan spise otte stykker. Videoen er rammesat som en opgave (Hvordan kan eleverne bruge brøker til at forklare lærernes "pizzaproblem"?).

Lektionen begynder med en fælles diskussion af videoen. Fire elever har ikke forberedt sig, og bliver instrueret i at se videoen uden for klassen og

derefter vende tilbage. De vender tilbage under gruppedannelsen, og læreren fordeler dem blandt de otte grupper. Hver gruppe skal optage en video med deres løsning på lærernes "pizzaproblem" og bruge brøker og fagord til at forklare hvorfor matematiklærerne beslutning om at bestille fire i stedet for otte stykker ikke giver matematisk mening.

Inden grupperne går i gang med at producere deres film snakker læreren med dem om deres planer: hvordan vil de forklare problemet? hvilke fagord vil de bruge? hvordan vil de illustrere deres pointe? Et par af grupperne har brug for hjælp med rollefordeling for at blive enige om, hvem der speaker, tegner, filmer osv. Undervejs i processen sætter læreren deadlines for planlægning af indhold, klargøring af visuelt materiale til videoerne, optagelser og upload af videoer.

Grupperne går forskelligt til opgaven. Nogle modellerer pizzaen omhyggeligt med farver og fyld, skærer deres model ud i slices og viser dem frem. Andre tegner modellen mens de filmer. Flere

grupper bruger aktivt begreberne "fjerdedele" og "ottendedele". Til sidst samles klassen, og læreren tjekker, at alle grupper har uploadet deres video.

I den efterfølgende lektion ser klassen videoerne.

Eleverne giver hinanden feedback ud fra rammen: Hvad fungerede godt? Hvad kunne man gøre anderledes næste gang? Til sidst evaluerer klassen forløbet sammen i forhold til samarbejde og udbytte.

Case 3: Fysik/kemi, 9. klasse (Ioniserende stråling)

Lærerens aktionslæringsmål: *Hvordan kan jeg bruge FL-forløb til at frigøre undervisningstid til forsøg og få fokus på elevforsøg i stedet for demonstrationsforsøg?*

9. klasse er ved at afslutte et forløb om ioniserende stråling. Klassens 12 elever har fået et link til en fire minutter lang YouTube-video som forberedelse til lektionen. I videoen opsummerer læreren kernebegreber fra forløbet, og kommer med eksempler på, hvordan ioniserende stråling bruges i vores omverden. Eleverne skal bruge eksemplerne som inspiration til at designe en undersøgelse.

I begyndelsen af lektionen spørger læreren, om eleverne har set videoen. Først er der tavshed. To piger svarer lidt efter bekræftende. En tredje elev rækker hånden op, og siger, at han ikke har set den. Læreren siger, at hvis der er flere, som ikke har set videoen, kan de sætte sig ved bordet udenfor naturfagslokalet og se den sammen, mens han vejleder de andre elever i deres undersøgelser.

En gruppe på fire elever sætter sig udenfor og begynder at se videoen. De øvrige elever finder sammen i grupper på to og tre. To piger går med læreren til madkundskabslokalet, da de vil undersøge, om de kan måle forskel på økologiske og ikke-økologiske krydderier. De sidste to grupper sidder sammen i naturfagslokalet og ser videoen.

Da læreren kommer tilbage, går han en runde blandt grupperne. Efter vejledning beslutter den ene gruppe i naturfagslokalet samt firemandsgruppen, der har set video udenfor, begge at undersøge bestrålet mad. De forlader lokalet for at hente kartofler og tomater. Krydderigruppen er i gang med at lave forsøgsopstilling. Den sidste gruppe er færdige med at se videoen. De pjatter lidt og en elev ser YouTube-videoer på sin telefon. Adspurgt af læreren svarer gruppen, at de ikke har idéer til undersøgelser. Læreren finder en forsøgsvejledning

til, hvordan ioniserende stråling kan bruges til at automatisere påfyldning af dåser, og beder dem om at udføre forsøget efter vejledningen.

Da eleverne har ryddet forsøgsopstillingerne op, har de et kvarter til at dele resultater fra deres undersøgelser. Læreren spørger grupperne efter tur, hvad deres forsøg har vist dem. Gruppen som har udført forsøgsopstillingen med påfyldning af coladåsen fremlægger først. De fortæller, at alfastrålingen falder i løbet af forsøget, efterhånden som dåsen bliver fyldt, og at gammastrålingen ikke ændrer sig. Derefter fremlægger krydderi-gruppen. De har lavet målinger på henholdsvis økologisk og konventionel rosmarin og karry. *"Vi kan ikke rigtig drage nogen konklusioner ud af det, sådan at det normale har taget skade af stråling"*, siger den ene elev. *"Ja, det var bare baggrundsstrålingen, som var lidt forskellig. Så vi kan ikke sådan rigtig sige så meget"*, supplerer den anden. Læreren foreslår, at de netop kan konkludere, at krydderierne ikke blev radioaktive af bestråling.

Da turen kommer til den gruppe, der har bestrålet tomater, fortæller eleverne, at de udsatte tomaterne for alfa- beta- og gamma- bestråling, hvorefter tomaterne blev radioaktive. *"De blev mest radioaktive af gammastråling"* siger en af eleverne. Læreren spørger, hvordan de kan konkludere det, og eleverne svarer, at tallene steg i forhold til deres målinger af baggrundsstråling. Læreren stiller spørgsmålstegn ved målingerne: *"[Tomaterne] kan ikke blive radioaktive. Altså, de kan ikke komme til at udskille ioniserende stråling ved selv at blive påvirket af ioniserende stråling. De kan blive ioniserede, altså, der kan ske nogle ændringer inde i molekylet med elektroner, der bliver skudt ud, men de kan ikke selv blive ioniserende"*. En elev svarer: *"Uenig"*. Turen går videre til sidste gruppe, der har bestrålet kartofler, og som nu vil se om de fordærves anderledes end ubestrålede kartofler frem mod fysiktimen i næste uge.

	Vurderingskriterier	Case 1: geografi 9. kl.	
CK	Der er kobling mellem det undervisningsfaglige indhold og den didaktiske FL- struktur i undervisningen.	Den fælles gennemgang af FL- materialer bringer centrale fagord i spil fra eleveres egne besvarelser.	
PK	Der anvendes pædagogiske strategier, som kobler og udnytter læreprocesser og -rum i FL.	Den etablerede kultur omkring fælles gennemgang af FL-forberedelsen skaber et trykt læringsmiljø, hvor mange elever bidrager aktivt.	
TK	Den teknologiske ramme understøtter elevernes forberedelse og danner afsæt for elevcentrerede aktiviteter.	Video rammesætter lektionens aktiviteter, og elever navigerer hjemmевant igennem indhold.	
PCK	Situeret styring af læreprocesserne, så de understøtter aktiviteterne og den faglige læring.	Forløb bærer præg af en tydelig og velkendt didaktisk struktur. Der skabes en høj grad af dialog med inddragelse af fagbegreber både i lærer-elev og elev-elev samtaler.	
TCK	Situeret inddragelse af de teknologiske elementer, så de understøtter undervisningsmål og faglige elementer.	De teknologiske elementer inddrages aktivt i forberedelses- og igangsætningsfase, og under aktiviteter refereres løbende til undervisningsmål og faglige elementer.	
TPK	De pædagogiske og teknologiske elementer sikrer sammenhæng mellem læringsrummene og danner afsæt for elevcentrerede aktiviteter.	De teknologiske elementer er indtænkt i den didaktiske struktur, så elever hurtigt bliver aktivt deltagende.	
TPACK	Situeret anvendelse af pædagogiske og teknologiske elementer sikrer sammenhæng mellem læringsrummene og understøtter undervisningsmål og faglige elementer.	Elever kender sammenhængen mellem de teknologiske elementer i forberedelse og aktiviteter i klassen. Aktivitetsniveau er højt gennem hele lektionen, og der er en høj grad af aktiveret fagsprog.	

Tabel 5. Vurdering af dekonstruerede TPACK-kompetencer i de realiserede forløb (grøn = i høj grad; gul = i nogen grad; rød = i lav grad).

Case 2: matematik 5. kl.	Case 3: fysik/kemi 9. kl.
Kobling sikres gennem et konsekvent rammesat fokus på udvalgte fagbegreber i forberedelsesvideo, gruppearbejde, produkt og den fælles evaluering.	Forløbet er bygget op om en video, der fremhæver centrale typer af ioniserende stråling og deres anvendelse i hverdagen.
FL-materiale rammesætter tydeligt det elevprodukt, som forløb munder ud i, og aktiviteter inddrager aktivt sammenhængen mellem læringsrummene.	Lærerens reelle mulighed for formativ evaluering af elevers forberedelse er begrænset. Elevers selvregulering bliver i ringe grad aktiveret, og de anvender videoen i begrænset omfang.
Video fungerer både som ramme om aktiviteter og som afsæt for elevers eget videoprodukt. Elever inddrages som producenter.	Video afgrænser dagens emne tydeligt og præcist, men leder ikke til høj grad af anvendelse i aktiviteter.
Elever stilladseres i alle faser af forløbet, og uforberedte elever inddrages på en måde, der giver plads til et differentieret udbytte. Fokus på fagord fastholdes i alle faser.	Elevers selvregulering er ikke tilstrækkeligt aktiveret, og flere grupper deltager ikke i læreprocesser i store dele af lektionen. Der er lille inddragelse af fagbegreber i aktiviteter.
Inddragelse af elever som videoproducenter sætter ramme om en aktiv demonstration af elevers begrebsforståelse og aktive anvendelse af matematikfaglige begreber.	Det kompakte videoformat med afgrænsning af fagbegreber sikrer elevers mulighed for at referere til det faglige indhold under aktiviteter. Situeret inddragelse mangler og videoens fagbegreber går i ringe grad igen i klassens dialog om aktiviteter.
Sammenhæng mellem videoforberedelse og -produkt gør, at elever følger en tydelig læringssti gennem forløbet.	Der er en lav grad af realiseret sammenhæng mellem video og aktiviteter.
Elever bliver motiveret af de teknologiske elementer, og bruger forberedelsesvideo som inspiration og afsæt til egen videoproduktion. Videoproduktion bruges som differentieringsredskab gennem rollefordeling, og elevers fagsprog aktiveres i produkt og -evaluering.	Lektionens mål om at styrke elevers undersøgelseskompetence realiseres kun i nogen grad. De teknologiske elementer bidrager i ringe grad til aktiviteter. De centrale fagbegreber bliver ikke bearbejdet under aktiviteter – i flere tilfælde blev elevers fejlforståelser fastholdt.

tale, men kun fagter og få, meget enkle tekstinstruktioner til at demonstrere hvordan man klipper og klistrer et øje i karton (FL-materialet "Lav model af øjet med linse"). Dette FL-materiale giver ikke læreren mulighed for at evaluere sine elever formativt, men den instruerende video kobler læringsrummene jf. figur 2 fordi den viser hvad der skal ske i undervisningen. Her kan læreren tilmed henvide eleverne til videoen efter behov (siteret) så videoen fungerer som en slags hjælpelærer. Denne måde at bruge videoen på betød at de fleste elever selvstændigt kunne udarbejde øje-modellen. Dermed var der tid til de elever der havde brug for ekstra hjælp til aktiviteten.

Karakteristisk for lærere der opfylder TPACK in situ-beskrivelsen (jf. tabel 1), er at deres FL-materialer eksplicit guider eleverne, og at de mål- og rammesætter undervisningen. Disse lærere begrundet og iscenesætter også de læringsaktiviteter der foregår online hhv. i klassen, og forbinder dem med hinanden. Nogle anvender endvidere spørgsmål til elevernes selvvaluerede forståelse og/eller motivation fx på en 5-punktsskala ("Hvor klar føler du dig til selv at lave undersøgelsen?"). I det didaktiske fysik/kemi-design "Ioniserende stråling" suppleres designkomponenten "Tydelig og hensigtsmæssig afgrænsning" (content) oven i købet med en opsummering af hvad klassen allerede har beskæftiget sig med, og hvad de mangler. Desuden bringer læreren undersøgelseskompetencen i spil både konkret i form af inspiration til en undersøgelse eleverne selv skal designe, og på et overordnet niveau hvor læreren kort repeterer undersøgelseskompetencen. I disse (sjældne) tilfælde udgør det didaktiske design en selvforklarende pakke der gør at undervisningen nærmest bliver "selvbærende". Læreren kan således anvende tiden i klassen på at yde differentieret støtte og udfordre eleverne hvilket er en af de grundtankerne i FL.

Lærernes realiserede TPACK

De tre cases markeret med rødt i tabel 4 og beskrevet i tekstboksen s. 56-57 demonstrerer typiske udfordringer i forhold til at realisere TPACK i undervisningen. Dekonstruktion og vurdering af de dekonstruerede elementer i de tre cases ses i tabel 5. Som det fremgår, skyldes forskellen mellem forløb især koblingen mellem domænerne. Case 1 og 2 repræsenterer forløb hvor lærerne med to forskellige tilgange opnår en høj grad af realiseret TPACK. I den sidste case formår læreren kun i mindre grad at koble vidensdomænerne hvorfor FL næppe bidrager til elevernes udbytte af undervisningen.

De to sidste cases viser hvordan sammenhæng mellem intenderet og realiseret TPACK ikke altid er simpel. Case 2 blev jf. tabel 4 vurderet lavt i den *intenderede* (CK), men højt i den *realiserede* TPACK (tabel 5) fordi læreren i høj grad formår at realisere FL's potentialer i selve undervisningen. Case 3 opnår omvendt en højt vurderet *intenderet* TPACK, men en forholdsvis lav *realiseret* TPACK fordi videoforberedelsen ikke er indlejret i et spørgeskema, og videoen i sig selv (uden den formative evaluering) kun i ringe grad kobler læringsrum 1 og 2.

Diskussion

Vores resultater bekræfter ikke overraskende pointen om at designbaserede undersøgelser giver et mere retvisende billede af læreres evne til at implementere teknologi succesfuldt i undervisningen end selvevaluering via surveys (Pareto & Willermark, 2019). Hvad der til gengæld er overraskende, er at lærernes forestillinger om sig selv som "pædagogiske eksperter" udfordres af vurderinger af både deres intenderede og realiserede TPACK. Hvor lærernes selvevaluering lå højest inden for det pædagogiske domæne (PK) og generelt scorer højt i alle kombinationer med "P", viser både planlægnings- og vurderingsmetoden at lærernes pædagogisk-didaktiske kompetencer generelt set blev vurderet lavest.

Ifølge Koh (2019) er det netop forandringer af grundlæggende pædagogisk-didaktisk praksis (PK) der er det vanskeligste aspekt i udvikling af læreres TPACK, og angiver to hovedårsager til dette. For det første at praksis i høj grad fastholdes i situerede kontekster, dvs. den lokale skolekultur der udøver indflydelse på det valgte indhold, samt lærerens personlige erfaringer, fagsyn og rutiner. For det andet at der ofte mangler en tydelig vision for *hvordan* den pædagogiske praksis fornys når den medieres af teknologi. Koh foreslår at udfordringerne med at ændre praksis imødegås ved at der på samme tid inddrages flere niveauer af TPACK-stilladsering, og at det foregår i professionelle læringsfællesskaber.

Vores intervention havde fokus på begge dele. Dels synliggjorde vi via FLIP-modellen eksplicit de nye pædagogiske strategier og læreprocesser i FL, og dels fulgte kursusstrukturen anbefalinger fra Mogensen et al. (2015) om hvordan man engagerer lærere i professionelle læringsfællesskaber. Hvad angår sidstnævnte er de to cases der demonstrerer et højt niveau af realiseret TPACK, netop eksempler hentet fra faggrupper som i løbet af interventionen oparbejdede aktive læringsfællesskaber med en tydelig vision for hvordan FL skal transformere eleveres læreprocesser i klasserummet.

I den første case afspejlede aktionslæringsmål og vision nøje hhv. stilladsering vha. FLIP-modellen og kursets målsætninger. Resultatet var FL-materialer der opnåede en høj evaluering af både intenderet og realiseret TPACK.

I den anden case afspejlede aktionsmål og vision hhv. en mindre grad af stilladsering vha. FLIP-modellen samt personlige visioner frem for visioner knyttet tæt til kursets målsætninger). Lærernes designprodukter flugtede i mindre grad med de designkriterier vi benyttede i vurderingen af intenderet TPACK, og vurderingen var derfor relativt lav. Det skyldes for eksempel at elevernes evaluering af videoforberedelsen udelukkende var mundtlig og foregik i begyndelsen af læringsrum 2 (klassen). Dermed var koblingen mellem læringsrummene, de formative processer og elevernes selvevaluering ikke synlig i designobjekterne (intenderet TPACK). Til gengæld formåede disse lærere i høj grad at realisere koblingen mellem læringsrummene i deres undervisning hvorfor den realiserede TPACK blev vurderet som høj. I dette tilfælde var personlige

visioner og det lokale læringsfællesskab "vigtigere" end at følge FL-modellen tæt, men fælles for de to cases er at lærerne arbejdede målrettet med udvikling af deres undervisning i professionelle læringsfællesskaber. De udarbejdede ikke kun deres FL-materialer på basis af kursuserfaringer, men indpassede deres FL-materialer i en lokal kontekst.

I den tredje case er situationen derimod en anden. Læreren opnåede en høj TPACK-vurdering på det intenderede niveau, men realiserede i ringere grad TPACK i den observerede undervisning. Aktionsmålene fulgte FLIP-modellen, men visionen for hvordan FL-materialerne kunne understøtte læreprocesserne i klassen, var ikke tydelig. Kursisten var eneste repræsentant for sin skole og fik dermed ikke mulighed for at udvikle sin praksis i et lokalt læringsfællesskab.

Uanset årsagen til et ofte lavt TPACK-niveau hos kursusedtagerne viser undersøgelsen at selvom kvalitative designanalyser er vanskelige, så kan de tydeliggøre tendenser og mønstre i undervisningspraksis. TPACK-rammen har været kritiseret for sin kompleksitet og for upræcise eller diffuse vidensdomæner der ikke er brugbare og/eller operationaliserbare i praksis (referencer citeret i Willermark & Pareto, 2019). Ved at anvende en designbaseret tilgang med et begrænset antal designkategorier kan rammens kompleksitet reduceres, og fordi lærernes TPACK manifesterer sig i konkrete anvendelser af vidensdomænerne, kan de observeres (Koehler et al., 2007).

Undersøgelsen viser også at FL kan udvikle lærernes TPACK inden for en ramme der – trods alt – virker mindre kompleks og mere konkret. Dette er i tråd med erfaringer der viser at det er *brugen* af digitale værktøjer i praksis der udvikler læreres TPACK (Chuang et al., 2015, citeret i Voithofer et al., 2019). FLIP-modellen fungerede som stillads for både planlægning og evaluering, og den egnede sig til at facilitere strukturerede refleksioner over hvordan man kan designe kvalificeret TPACK-undervisning. FL er således jf. tabel 1 eksemplarisk i forhold til at vise hvordan TPACK operationaliseres i en situeret og kontekstafhængig praksis, og FLIP-modellen kan føjes til de stilladseringsmetoder hvis formål det er at understøtte den pædagogisk-didaktiske forandring, som T'et i TPACK fordrer (Koh, 2019).

Det realiserede TPACK-niveau, som det kommer til udtryk i de tre cases, kan bruges til at understrege fire faktorer der øger integrationen af teknologimedierede elementer i naturfagsundervisningen, og som naturfagsteams med fordel kan fokusere på: 1) pædagogisk-didaktisk innovation kan bremses af den situerede kontekst som praksis udspiller sig i. Derfor kræver innovation forankring og stilladsering i den lokale praksiskontekst; 2) høj selvevaluering og mestring af teknologisk kompetence er ikke en god prædikator for virkningsfuld teknologiinddragelse; 3) opnåelse af et højt TPACK-niveau kræver en tydelig pædagogisk-didaktisk vision for hvad teknologimedieringen skal innovere i undervisningen; 4) udviklingen fra vision til realisering skal stilladseres omhyggeligt.

Den sidste pointe er særlig vigtig i betragtning af hvor store krav naturfag stiller

til både lærere og elever: kompetencefokus, inquiry og engineering, problembaseret undervisning og mål om teknologisk dannelse. Alt dette har potentiale til at løfte naturfagernes relevans og dannelsesudbytte for eleverne, men det kræver udvikling baseret på klare didaktiske visioner og intentioner samt evnen til at indtage nye lærerroller. Vores resultater bekræfter at denne opgave er svær at løfte. Det kræver derfor ikke mindst at skolens professionelle læringsfællesskaber bringes i spil hvis de senere års reformer i naturfagene skal bære frugt.

Taksigelser

Forfatterne ønsker at takke deltagende lærere samt nuværende og tidligere kolleger for samarbejdet om kompetenceudviklingsprojektet "Styrket læring med flipped learning i naturfagene": Thomas Dyreborg Andersen, Kristian Kildemoes Foss, Morten Philipps og Morten Barasinski. Projektet blev finansieret af A. P. Møller Fonden.

Referencer

- Carlson, J.; Daehler, K.R.; Alonza, A.C.; Barendsen, E.; Berry, A.; Borowski, A.; Carpendale, J.; Chan, K.K.H.; Cooper, R.; Friedrichsen, P.; Gess-Newsome, J.; Ineke, H.-R.; Hume, A.; Kirschner, S.; Liepertz, S.; Loughran, J.; Mavhunga, E.; Neumann, K.; Nilsson, P.; Park, S.; Rollnick, M.; Sickel, A.; Suh, J.K.; Schneider, R.; Driel, J.V. & Wilson, C. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In: Hume, A.; Cooper, R.; Borowski, A. (eds). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2.
- Chai, C.S. (2019). Teacher Professional Development for Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education: A Review from the Perspectives of Technological Pedagogical Content (TPACK). *Asia-Pacific Edu Res* 28(1), 5-13. <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0400-7>.
- Dong, Y.; Chai, C.; Sang, G.; Koh, J. & Tsai, C. (2015). Exploring the profiles and interplays of pre-service and in-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) in China. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(1), 158-169.
- Levensen, H.; Foss, K.K.; Andersen, T.D.; Philipps, M.; Jespersen, P. & Nissen, S.K. (2016). En didaktisk model for flipped classroom. I: Schunk, A (ed). *Flip din undervisning – en antologi om flipped classroom og flipped learning*. Turbine Akademisk.
- Koehler, M.J.; Mishra, P. & Yahya, K. (2007). Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. *Computers & Education*, 49(3), 740-762. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.012>.
- Koh, J.; Chai, C. & Tsai, C. (2013). Examining practicing teachers' perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK) pathways: A structural equation modeling approach. *Instructional Science*, 41(4), 793-809.

- Koh, J.H.L. (2019). TPACK design scaffolds for supporting teacher pedagogical change. *Educational Technology Research and Development*, 67, 577 – 595.
- Mishra, P. & Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers' College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Mishra, P. (2019) Considering Contextual Knowledge: The TPACK Diagram Gets an Upgrade, *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 35:2, 76-78, DOI: 10.1080/21532974.2019.1588611.
- Mogensen, A.; Nielsen, B.L. & Sillasen, M.K. (2015). Processer der forandrer: fagteamsamarbejde efter QUEST-modellen. *MONA*, 1, 24-48.
- Nielsen, B.L.; Pontoppidan, B.S.; Sillasen, M.K.; Mogensen, A. & Nielsen, K. (2013). "QUEST: Et storskalaprojekt til udvikling af naturfagsundervisning. *MONA*, 2, 49-66.
- Pamuk, S.; Ergun, M.; Cakir, R.; Yilmaz, H.B. & Ayas, C. (2013). Exploring relationships among TPACK components and development of the TPACK instrument. *Education and Information Technologies*, 20(2), 241-263. <https://doi.org/10.1007/s10639-013-9278-4>.
- Pareto, L. & Willermark, S. (2019). TPACK In Situ: A Design-Based Approach Supporting Professional Development in Practice. *Journal of Educational Computing Research* 57(5), 1186-1226.
- Schmidt, D.A.; Baran, E.; Thompson, A.D.; Mishra, P.; Koehler, M. & Shin, T.S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) the development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123-149.
- Voithofer, R.; Nelson, M.J.; Han, G. & Caines, A. (2019). Factors that influence TPACK adoption by teacher educators in the US. *Education Tech Research Dev* (2019) 67:1427-1453. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09652-9>.
- Wang, W.; Schmidt-Crawford, D. & Jin, Y. (2018). Preservice Teachers' TPACK Development: A Review of Literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34:4, 234-258, DOI: 10.1080/21532974.2018.1498039.

English abstract

IT-mediated teaching methods have the potential to transform learning processes. This paper describes an in-service teacher training program, aiming at increased focus on the use of flipped learning (FL) in student-centered learning in science and mathematics. To evaluate implementation of FL, we used the TPACK analysis framework (Technological Pedagogical Content Knowledge) to analyze planned and implemented teaching designs. Our results indicate a lower level of TPACK than self-evaluated TPACK. The difference mainly involves the pedagogical knowledge domains. The degree to which the FLIP-model for FL is realized depends on the ability of teachers to process technology into actual transformations of practice. This indicates that successful implementation of new IT-mediated teaching methods depends more on teachers' pedagogical competencies than, e.g. on their IT competencies. However, the project shows that FL potentially can operationalize teachers' TPACK.