

ULF – Utveckling, lärande, forskning

Projektrapport

2022-05-10



Digitala läromedel i praktiken

Ett forskningsprojekt inom Mittuniversitetets
ULF-försöksverksamhet

Anna-Karin Westman, Nina Eliasson, Helena Johansson,
Malin Norberg

Institutionen för matematik och ämnesdidaktik
Institutionen för utbildningsvetenskap

I samverkan med lärare vid
Bjästaskolan, Örnsköldsviks kommun
Ramsele skola, Sollefteå kommun
Vallaskolan, Sollefteå kommun

Digitala läromedel i praktiken:

Elevers lärande och motivation i samband med undervisning i naturvetenskap och matematik

1. Projektets syfte

Syftet med projektet var att hitta kritiska faktorer för att undervisning i matematik och naturvetenskap ska bli framgångsrik då digitala läromedel används. För att uppnå detta formulerades tre delsyften i projektet, vilka är att:

- Öka kunskapen om förtjänster och svårigheter vid undervisning med digitala läromedel. Det gäller både elevers lärande av ämnesinnehåll såväl som motivation hos elever.
- Öka kunskapen om elevers tolkningar av naturvetenskaplig och matematisk information i läromedel när digital teknik gör att formerna för informationen förändras.
- Göra en sammanställning över viktiga faktorer att ta hänsyn till vid undervisning med digitala läromedel. Sammanställningen kan stödja skolhuvudmän och lärare så att dessa kan ta välgrundade beslut om digitala läromedels användning i undervisning.

2. Genomförande

Projektet genomfördes inom ramen för Mittuniversitetets ULF-försöksverksamhet och i samverkan mellan Mittuniversitetet och två av de skolhuvudmän som ingår i det regionala utvecklingsnätverket, RUN. Projektiden utvecklades i samband med att Mittuniversitetet gjorde en utlysning av forskningsmedel under våren 2020 och i samband med det även provade en ny modell för dialog mellan forskare och RUN-regionens skolhuvudmän kring framtida praktiktäna skolforskningsprojekt. Inledningsvis fick Mittuniversitetets forskare utveckla olika projektidéer som sedan lästes och diskuterades vid en workshop där samtliga skolhuvudmän var inbjudna. Utifrån de synpunkter som då kom fram utvecklade forskargruppen idén till en färdig projektplan. En inbjudan att delta gick sedan ut till alla RUN:s samverkanskommuner och Örnsköldsvik och Sollefteå kommun anmälde sitt intresse för att delta i projektet. Deltagare från skolorna kontaktades därefter via en kontaktperson i varje kommun. I Örnsköldsviks kommun deltog Bjästaskolan och i Sollefteå kommun deltog Ramsele skola och Vallaskolan. I projektet deltog totalt fyra högstadielklasser, två lärare i naturvetenskap, två lärare i matematik, tre rektorer och fyra forskare i ämnesdidaktik. Ett urval av relativt få deltagare har sina för- och nackdelar. Analysen av den insamlad data kan göras detaljerat men de resultat som framkommer har begränsad generaliserbarhet. De resultat som framkommer gäller de lärare och klasser som deltar, men vi tror dock att de är relevanta för alla som arbetar med digitala läromedel.

Data samlades in genom filminspelningar och genom intervjuer med lärare, rektorer och elever före, under och efter ett undervisningsmoment där digitala läromedel användes. Sammanlagt ingick tre olika läromedel i projektet; i naturvetenskap var det DigiLär (<https://www.nok.se/digilar/>) och Gleerups digitala läromedel (gleerups.se), i matematik var läromedlen Gleerups digitala läromedel och Matteappen ([Matteappen](#)). Undervisningsmomenten omfattade två lektioner per klass och spelades in med två kameror som filmade hela klassrummet från två olika vinklar och med enskilda glasögonkameror som bars av fyra elever. Ljudupptagning skedde genom en trådlös mikrofon som var kopplad till den ena filmkameran och som bars av läraren under hela lektionen, samt genom fast mikrofon kopplat till den andra kameran och genom de glasögonkameror som eleverna bar. Lärarintervjuerna skedde före och efter undervisningen och eleverna intervjuades i grupper direkt efter undervisningsmomentet. Data analyserades tematiskt utifrån projektets forskningsfrågor:

- Hur kan utformningen av undervisningen med hjälp av ett digitalt läromedel beskrivas?
- Vilka delar i undervisningen är kritiska för elevers meningsskapande av undervisningens ämnesinnehåll?
- Hur uttrycker eleverna att olika delar från undervisningen med det digitala läromedlet påverkar deras motivation?
- Vilka delar i undervisningen med det digitala läromedlet uttrycker elever att de får hjälp av eller hindras av i undervisningssituationen?

3. De viktigaste forskningsresultaten och vilka slutsatser man kan dra från dem

Förtjänster och svårigheter

I detta avsnitt presenteras först projektets resultat utifrån de två första delsyftena där respektive ämnesresultat redovisas var för sig och därefter sammanfattas likheter och skillnader mellan matematik och naturvetenskap. Avslutningsvis dras en övergripande slutsats för hela projektet, vilket uppfyller det tredje delsyftet.

Matematik

Ett av de tydligaste resultaten är att lärarna upplever att undervisning med digitala läromedel i matematik kräver mycket mer arbetstid i form av framför allt förberedelser än undervisning med analoga läromedel. Detta kan delvis bero på att användningen av de digitala läromedlen är i en inledande fas. Precis som i undervisning med analoga läromedel behöver lärare tid för att sätta sig in i det digitala läromedlet, bland annat hur det matematiska innehållet presenteras och vilka uppgifter som finns. I motsats till analoga läromedel upplevs de digitala som mer komplexa då de bland annat innehåller många fler uppgifter och olika delar som exempelvis inspelade instruktionsfilmer. Vidare behöver lärare sätta sig in i olika

sätt att navigera i det digitala läromedlet så att de kan förbereda en tydlig planering som eleverna kan följa under lektionerna. Det framkom också ett behov hos lärare av att ha någon reservplan för lektionerna om tekniken inte fungerar. Samtidigt upplevde främst lärare, men även elever, en fördel med att allt material är samlat på samma plats och är på så sätt lättillgängligt.

Analyserna visade att lärarna var överens om att de digitala läromedlen i matematik passar bra för repetition och när elever ska öva på olika procedurer. Lärarna beskrev att eleverna blir mindre aktiva och inte pratar lika mycket matematik när de arbetar med digitala läromedel som med analoga. Möjligen utformade lärarna undervisningen på ett annat sätt med analoga läromedel men det är inget som undersökts inom ramen för vårt projekt. Det framkom att eleverna till största delen arbetade enskilt med uppgifterna i de digitala läromedlen och att de födrog att arbeta med analoga läromedel. Eleverna gav även uttryck för att arbetet med digitalt läromedel medförde ett större fokus på att snabbt bli klar med uppgifterna som de gavs, samt att arbete vid dator ibland kan vara distraherande eftersom det finns så mycket annat än matematik som lockar på nätet när man sitter vid datorn.

Digitala läromedel möjliggör sammanställningar på såväl grupp- som individnivå. Användbarheten av dessa upplevs olika av lärarna. En lärare upplever att sammanställningen ger en bra överblick över elevers kunskapsnivå och använder denna information i formativt syfte, både på grupp- och för enskilda elever. En annan lärare upplever att sammanställningen visserligen ger en överblick men att informationen inte räcker till för att avgöra hur eleverna har förstått det matematiska innehållet. För att få denna information går läraren istället runt bland eleverna under lektionerna och följer elevernas arbete.

Vidare visade analyserna att det finns flera möjligheter för lärare att anpassa uppgifter för elever i de digitala läromedlen, och på detta sätt individualisera undervisningen. Denna typ av individualisering upplevdes som positiv då alla elever fortfarande arbetar med samma material (dator) men kan arbeta med olika matematiskt innehåll, olika uppgifter, och på olika svårighetsgrad utan att detta blir synligt för övriga elever i klassen. Det framkom också att vissa digitala läromedel möjliggör för lärare att göra justeringar av individuella anpassningar under pågående lektion. Även om möjligheterna till individanpassning sågs som positiva så framkom att det inte finns tid för att utnyttja denna potential fullt ut. Vidare framkom att svårighetsgraden på uppgifterna i det digitala läromedlet inte skiljer sig lika mycket mellan olika uppgifter som i det analoga läromedlet. Framför allt upplever lärarna att de digitala läromedlen saknar mer utmanande uppgifter för elever som har kommit lite längre i sin matematiska utveckling.

Naturvetenskap

För undervisning i naturvetenskap framkommer i det insamlade materialet både förtjänster och svårigheter med digitala läromedel. Lärare och elever är eniga om att undervisningen behöver varieras. Lärarna i de naturvetenskapliga ämnena beskriver det digitala läromedlet som en resurs bland flera andra och att lärares planering av undervisning alltid innefattat ett arbete

med att välja ut en variation av olika undervisningsmaterial. Varken lärare eller elever säger sig vilja använda enbart det digitala läromedlet.

Ett exempel på förtjänster med ett digitalt läromedel är tillgängligheten. Läromedlet finns alltid till hands så länge som datorn är hel och det finns en uppkoppling. Eleverna uttrycker också att det är en fördel att allt finns samlat på ett ställe i det digitala läromedlet. Både lärare och elever nämner också att det digitala läromedlet medger större möjligheter till individuell anpassning jämfört med analoga läromedel. Exempelvis kan eleverna välja mellan att läsa den ordinarie texten eller en mer lättläst version och de elever som behöver studiestöd kan välja att få det på ett annat språk än svenska. Eleverna kan också välja bakgrundsfärg och textstorlek utifrån individuella önskemål och behov, men det som framför allt nämns är möjligheten att få texten uppläst.

Det senare anknyter till en svårighet med digitala läromedel som lärarna nämner. Lärarna säger sig uppleva att eleverna har sämre tålamod med att läsa långa texter i den digitala miljön än i en analog bok. Lärarna uttrycker också tankar om att frågorna som hör till texterna i det digitala läromedlet på något vis behöver bli bättre eftersom det nu är för lätt att "glida igenom" och att det förekommer att elever klipper ut och klistrar in svar. Andra svårigheter med den digitala miljön blir synliga i våra filmer av undervisningen. Exempel på det är då elever behöver låna laddare till datorn eller låna hörlurar för att kunna ta del av filmer individuellt. Vi ser också exempel på hur elever har inloggningsproblem eller hur en projektor krånglar under en gemensam genomgång.

Likheter och skillnader mellan undervisningen i matematik och naturvetenskap

I vårt projekt framkommer några gemensamma resultat för de båda ämnena. En likhet är att det digitala läromedlet möjliggör olika typer av individualiseringar. I matematik anpassas uppgifternas svårighetsgrad inom ramen för det befintliga läromedlet och i naturvetenskap används framför allt möjligheten att få texten uppläst men också att få texten på ett annat språk. En annan likhet är att elever inte verkar lägga ner lika mycket tid på enskilda uppgifter när de arbetar med digitala läromedel jämfört med analoga. Eleverna i matematik uttrycker en upplevelse av att det blir mer viktigt att snabbt bli klar med uppgifterna och lärarna i naturvetenskap säger sig uppleva att elevernas tålamod minskar när ett digitalt läromedel används. Ytterligare en likhet är att användandet av de digitala läromedlens resurser för formativ undervisning är begränsat. Lärarna i matematik använder delvis läromedlets resurser för detta medan lärarna i naturvetenskap inte alls använder läromedlet till detta vid de tillfällen vi observerat. Detta var heller inget som togs upp vid intervjuerna. När lärarna i både matematik och naturvetenskap vill följa elevernas lärande görs det mestadels genom att följa elevernas arbete i klassrummet. Användning av läromedlets resurser skulle kunna ge en mer heltäckande avstämning, men lärares inställning till och användning av digitala läromedels potential för formativ undervisning behöver undersökas vidare.

Några skillnader mellan de båda ämnena framträder också i projektet. En av de identifierade skillnaderna är att lärares planeringstid upplevs öka i matematik medan lärarna i naturvetenskap inte upplever någon skillnad jämfört med att planera för undervisning med ett analogt läromedel. Tidigare forskning visar också att matematikboken i hög grad är det som definierar undervisningen (se exempelvis Utterberg Modén, 2021) och möjligen är det ett uttryck för en större vana att välja ut olika resurser för undervisningen i naturvetenskap. Det finns också skillnader mellan ämnena när det gäller i vilken grad eleverna samarbetar med varandra under de observerade lektionerna. Eleverna på matematiklektionerna arbetar huvudsakligen enskilt och lärarna uttrycker en upplevelse av att eleverna inte samtalar om matematik i samma utsträckning som vid undervisning med ett analogt läromedel. Detta är inget som lärare eller elever uttrycker i samband med undervisning i naturvetenskap. I filmerna ser vi också att eleverna ofta samarbetar med sina bänkkamrater för att lösa olika uppgifter.

Elevers tolkningar av ämnesinnehållet

Matematik

Trots det digitala formatets potential att erbjuda andra lärtillfällen så framkom i intervjuer med både elever och lärare att alla matematikuppgifter presenteras i princip likadant som i analoga läromedel. Detta med avseende på både statiska bilder, textformuleringar, symbolanvändning, etc. Analyserna visade dock att tillgängliga introduktionsfilmer ger nya möjligheter att synliggöra kritiska aspekter av matematiska objekt, till exempel genom att visa inbörden av olika delar i ett tal i bråkform med olika färger eller att visa olika steg i en operation. Både lärare och elever upplevde att det stöttade lärandet. Lärare jämförde detta med att rita på tavlan där man måste sudda och det blir kladdigt och otydligt med flera olika färger. I det digitala är det lättare att välja och skifta mellan vilka aspekter av ämnesinnehållet som ska vara i förgrunden.

Från analyserna framkom att användning av representationsformer hos elever begränsades när det inte fanns någon digital skrivyta. I princip ingen elev använde sig av papper och penna för att representera det matematiska innehåll de arbetade med. Däremot sågs till exempel en elev använda ett finger och även baksidan på en penna för att representera "osynliga lösningar i luften" trots att det fanns ett papper liggandes intill datorn. Eleverna uttryckte också att de saknade möjligheterna att "skriva" matematik och att de inte upplevde det naturligt att använda papper och penna när de arbetar med dator. De gav också uttryck för att matematikuppgifterna upplevdes svårare i det digitala läromedlet för att det saknades möjlighet att representera lösningarna. Värt att notera är att lärarna vid alla lektionstillfällen informerade eleverna om möjligheten att använda papper och penna och i vissa fall även uppmanade till det. Lärarna använde sig också alltid av papper och penna när de gick runt och hjälpte elever.

Det framkom att elever utnyttjade möjligheter till tips och exempellösningar för att komma vidare. Lärare upplevde att tipsen ibland låg för nära lösningen och lotsar eleverna

förbi svårigheten istället för att låta dem få syn på det matematiska innehållet. Lärarna hade önskemål om att tipsen istället skulle vara mer stegvisa. Lärare upplevde också att det digitala läromedlet inbjöd till att elever oreflekterat testade sig fram till lösningar och därmed inte fokuserade på förståelsen av ämnesinnehållet. Vidare framkom att elever hade olika kunskap om och erfarenheter av vilka möjligheter som fanns i läromedlet, bland annat gällande navigering i läromedlet och möjligheten att använda olika verktyg såsom linjal, gradskiva och miniräknare. Möjligheten att få texten uppläst eller att zooma in text och få den större upplevdes som positivt av de elever som använt sig av detta.

Naturvetenskap

Eleverna tycks ha en viss brådska att göra färdigt sina uppgifter när de arbetar med digitala läromedel och tiden de lägger på uppgifterna är ofta kort. En rimlig tolkning är att det kan påverka hur de uppfattar och förstår ämnesinnehållet. Detta bekräftas bland annat i filmer från de spionglasögon som visar vad eleverna ser i undervisningssituationen. Dessa filmer visar hur eleverna scroller fram till frågorna i texten, och hur de därefter snabbt scroller upp och ner i texten, växlar mellan läromedlet och nätsidor för att googla eller stämmer av med sin bänkgårn för att snabbt hitta rätt svar. För att eleverna ska "tvingas" att bearbeta ämnesinnehållet beskriver lärare olika anpassningar i undervisningen som att exempelvis utforma uppgifter som inte bara har ett enda rätt svar eller genom att ta bort facit till instuderingsfrågor i det digitala läromedlet. På så sätt vill lärare få eleverna att reflektera mer över ämnesinnehållet och inte bara kopiera de rätta svaren. Andra sätt att få eleverna att fokusera mer på ämnesinnehållet är att låta dem arbeta med centrala begrepp med hjälp av sökfunktion (digitalt) eller spegelkorsord (analogt) där eleverna får förklara begreppen för varandra.

I de digitala läromedlen finns ett flertal olika korta filmer om ämnesinnehållet som sammanfattar det som står i textavsnitten, vilket kan vara en fördel för lärandet då eleverna ges möjlighet att möta ämnesinnehållet på flera olika sätt i samma läromedel. I det ena läromedlet i projektet förekom mestadels filmer som visade händelseförlopp som man skulle sett dem med egna ögon. De lyfte inte fram det teoretiska ämnesinnehållet utan representerade innehållet som en naturlig upplevelse (eng. natural experience) (Westlund, 2018). De visade exempelvis människor i naturliga miljöer eller solen som man ser den på himlen. Det andra läromedlet använder andra dynamiska möjligheter, som exempelvis zoomning, för att visa naturvetenskapliga fenomen på mikroskopisk nivå. Under elevintervjuerna framkom det att en av de två elevgrupperna inte ansåg att filmer tillför något ytterligare kunskap utöver det som står att läsa i texten. En möjlig förklaring till denna uppfattning är att de kanske inte själva inser betydelsen av upprepning genom att möta samma innehåll på olika sätt. En annan möjlig förklaring är att dessa elever hade det läromedlet som i låg utsträckning använde filmens dynamiska möjligheter för att lyfta fram naturvetenskapliga fenomen.

Likheter och skillnader mellan elevers tolkningar i matematik och naturvetenskap

Den likhet som identifierades var att arbete med digitala läromedel leder till att elever löser uppgifter mer oreflekterat. I naturvetenskap valde eleverna till exempel att välja att kopiera svar för att snabbt bli klara och i matematik provade eleverna sig oreflekterat fram till rätt lösning i stället för att fokusera på ämnesinnehållet. Lärarna i projektet uttrycker att de utformar undervisningen för att undvika genvägar och för att eleverna ska bearbeta ämnesinnehållet i större utsträckning.

De skillnader som framkom rör representationer av ämnesinnehåll. I arbete med digitala läromedel i matematik saknade eleverna möjligheten att skriftligt representera matematik och genomföra beräkningar med papper och penna, vilket de upplevde försvårade arbetet. Detta framkom inte som ett resultat för elevers arbete med digitala läromedel i naturvetenskap. Vidare så skiljer sig elevers uppfattningar om betydelsen av filmers representation av ämnesinnehåll. De digitala läromedlen i båda ämnena erbjuder filmer som presenterar ämnesinnehåll (bland annat dynamiska representationer). I matematik uttryckte både elever och lärare att film erbjuder andra möjligheter för tolkning av ämnesinnehållet än vad som är möjligt analogt. I naturvetenskap däremot ansåg eleverna inte att film bidrar med något utöver information som finns i texten i det digitala läromedlet.

Viktiga faktorer att ta hänsyn till vid undervisning med digitala läromedel

Baserat på resultaten ovan kan följande faktorer sammanfattningsvis lyftas fram som särskilt viktiga att beakta:

- Att nya sätt att presentera ämnesinnehåll (dynamiska filmer) är positivt för elevers förståelse i matematik
- Att digitala läromedel kan leda till att elever inte reflekterar över ämnesinnehållet i samma utsträckning som när de använder ett analogt läromedel
- Att elever får explicita uppmaningar att använda olika representationsformer (t.ex. papper och penna)
- Att undervisningsformerna med ett digitalt läromedel behöver varieras, precis som vid användning av ett analogt läromedel
- Att säkerställa att det finns tillräckliga tekniska och digitala förutsättningar
- Att användningen av läromedlets resurser för formativ undervisning kan utvecklas men det ryms knappast i den befintliga planeringstiden

Dessutom framkom från intervjuer med lärare och skolledare att lärare behöver uppleva att de har inflytande över vilka digitala läromedel som ska användas. Detta bidrar till att lärarna har en initial tillit till läromedlet och engagemang i att skapa ett lustfyllt lärande. Vidare behövs en långsiktighet eftersom det krävs mycket tid och arbete för att utforma undervisningen utifrån ett nytt läromedel.

De resultat som framkommit i projektet skulle kunna vara en hjälp för både skollära och lärare i arbetet med digitala läromedel. Skollära skulle kunna verka för att valet av läromedel i ännu högre grad görs i dialog med lärare och att lärare får möjlighet att utveckla sin användning av de använda läromedlens formativa resurser. Lärare behöver bedöma vilka representationsformer som ska användas för att representera ämnesinnehållet. Det gäller urval av representationer från läromedlet, exempelvis om filmer är användbara. Det gäller också hur eleverna får möjlighet att göra egna representationer av innehållet, exempelvis digitalt eller med papper och penna.

4. Projektets bidrag till forskningsläget

I vårt projekt framkommer att filmer med dynamiska representationer är positivt för elevers förståelse av ämnesinnehållet i matematik. Vi ser inte samma resultat i naturvetenskap och skillnaden beror sannolikt på att eleverna där möter filmer som mer sällan lyfter fram det naturvetenskapliga ämnesinnehållet. Filmerna i de naturvetenskapliga läromedlen representerar ofta ämnesinnehållet som om man skulle se det med sina egna ögon (Westlund, 2018). Man har tidigare sett en större effekt av animationer¹ på elevers lärande i naturvetenskapliga ämnen än i matematik (Berney & Bétrancourt, 2016). I vårt projekt fokuserade representationerna i matematik på ett specifikt matematiskt ämnesinnehåll och om även representationerna i de naturvetenskapliga läromedlen lyft fram ämnesinnehållet hade troligtvis resultatet blivit ett annat. Karaktären på läromedlens dynamiska resurser har betydelse för elevers upplevda lärande.

Som framkommer ovan så verkar undervisning med digitala läromedel påverka elever att flytta fokus från reflektion och förståelse av ämnesinnehållet till att snabbt bli klara med uppgifter och att de inte har lika mycket tålamod att arbeta med enskilda uppgifter. Detta kan bero på uppgifters utformning, där det ofta räcker att fylla i ett värde eller kryssa för ett svar i digitala läromedel i matematik. Man har sett att detta förskjuter elevers perspektiv mot ett kortsiktigt lärande (Utterberg Modén, 2014). Det kan också bero på att navigering och läsning i digitala läromedel skiljer sig från att läsa i en analog bok (Rasmusson, 2014). Rasmusson diskuterar hur denna form av läsning på en skärm kan vara mer kognitivt påfrestande för elever än läsning på papper, vilket då skulle kunna förklara att elever fortare tappar fokus när de arbetar med digitala läromedel i matematik och naturvetenskap.

¹ “any application, which generates a series of frames, so that each frame appears as an alteration of the previous one, and where the sequence of frames is determined, either by the designer or the user”

Sammantaget bidrar vårt projekt med utökade kunskaper som relaterar till tidigare forskning om bland annat representationer, uppgifters utformning och hur läsning på skärm kan påverka undervisning och lärande med digitala läromedel.

5. Nya forskningsfrågor som genererats från projektet

- Vilka är de digitala läromedlens styrkor i relation till ämnesinnehållet?
- Vilka möjligheter finns och hur kommer de till uttryck i framgångsrik matematik- och naturvetenskaplig undervisning?
- Vilka krav ställs på elever för att läsa och tillgodogöra sig innehåll i digitala läromedel i matematik och naturvetenskap?

6. Specifika lärdomar utifrån att projektet redan från dess start byggt på ett nära samarbete med skolhuvudmän

Det nära samarbetet med skolhuvudmän och lärare har inneburit korta kontaktvägar, intresserade och engagerade lärare som verkligen "är med" i projektet och som ger av sin tid även om de inte bedriver själva forskningen. De inledande intervjuerna gav möjlighet att diskutera planering av undervisning och användning av läromedel. Tillfällena erbjöd erfarenhetsutbyten för både forskare och lärare. På grund av pandemiläget kunde forskarna inte besöka skolorna vid datainsamlingarna. Det har inneburit att lärare bland annat behövde hantera inspelningsutrustning, vilket vi som forskare normalt gör. Att projektet ändå kunde genomföras bygger på att skolhuvudmännen initialt bidrog till dessa möjligheter och till kontakter med lärarna. Genomförandet av projektet har varit en gemensam utmaning som vi tillsammans lyckats genomföra tack vare ett lösningsorienterat arbete.

7. Spridning av projektets resultat inom och utanför forskarsamhället

- Presentation på RUN-Riksdag i mars.
- Återkoppling till deltagande lärare, skolor och skolhuvudmän
- Slutrapportering av projektet till uppdragsgivare (ULF).
- Konferensbidrag och egna artiklar för respektive ämne.

8. Referenser

- Berney, S., & Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. *Computers & Education*, 101, 150–167. [https://doi-org.proxybib.miun.se/10.1016/j.compedu.2016.06.005](https://doi.org.proxybib.miun.se/10.1016/j.compedu.2016.06.005)
- Gilje, Ø., Ingulfsen, L., Dolonen, J.A., Furberg, A., Rasmussen, I., Kluge, A., Knain, E., Mørch, A., Naalsund, M., & Granum Skarpaas, K. (2016). *Med ARK&APP. Bruk av læremidler og ressurser forlæring på tvers av arbeidsformer*. Universitetet i Oslo.
- Heikka, L. (2015). *Matematiklärarens målkommunikation: En jämförelse av elevernas uppfattningar, lärarens beskrivningar och den realiserade undervisningen*. [Licetiatavhandling, Luleå Tekniska Universitet]. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-17280>
- Hemmi, K., Koljonen, T., Hoelgaard, L. Ahl, L. & Ryve, A. (2013). Analyzing mathematics curriculum materials in Sweden and in Finland, Developing an analytical tool. I *The Eighth Congress of the Europeas Society for Research in Mathematics Education*.
- Rasmusson, M. (2014). *Det digitala läsandet: Begrepp, processer och resultat* (Mittuniversitetet doktorsavhandling nr 209) [Doktorsavhandling, Mittuniversitetet]. DiVA. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:770228/FULLTEXT01.pdf>
- Utterberg Modén, M. (2021). *Teaching with digital mathematics textbooks: Aactivity theoretical projekts of data-driven technology in classroom practices* [Doktorsavhandling, Göteborgs universitet]. Gothenburg University Publications Electronic Archive. <http://hdl.handle.net/2077/69472>
- Westlund, E. (2018). Visual formation of science content in young students' multimodal compositions – seven content representations, *Journal of Visual Literacy*, 37(4), 294-316. <https://doi.org/10.1080/1051144X.2018.1532761>