

**Självständigt arbete i fördjupningsämnet
Matematik och Lärande**
15 högskolepoäng, grundnivå

Matematikappars effekt på lärandet

Mathematic Apps and their effects on learning

Nick Holk
Emma Nilsson

Grundlärarexamen årskurs 4-6, (240 högskolepoäng)
Självständigt arbete i fördjupningsämnet Matematik och
lärande (15 högskolepoäng)
2021-01-13/14

Examinator: Jöran Petersson
Handledare: Annette Johnsson

Förord

Denna kunskapsöversikt är ett arbete som skrivits under kursen Självständigt arbete i fördjupningsämnet på grundnivå (15 hp). Arbetet har skrivits i par, där vi inom fördjupningsämnets lärarprofession har diskuterat fram och formulerat forskningsfrågor som här kommer utredas. Artiklarna som ligger till grund för detta arbete delades upp mellan oss, inledningen är skriven av Nick och metoden är skriven av Emma. Vi har läst och diskuterat varandras bidrag och det övriga arbetet är framställt genom samarbete och därför kan bådas bidrag till detta arbete ses som likvärdigt.

Abstrakt

I dagens skola är matematikappar ett vanligt förekommande inslag i undervisningen. Syftet med denna kunskapsöversikt är att undersöka matematikappars påverkan på elevers lärande i matematik. Översikten har sammanställts utifrån två forskningsfrågor som ämnar att undersöka matematikappars effekt på elevers lärande och vad som kan förklara den eventuella effekten.

Undersökningen genomfördes genom en granskning av elva utvalda vetenskapliga artiklar. En systematisk sökning utfördes i tre olika databaser - ERIC, ERC och Libsearch via Malmö universitet. För att precisera sökningen lokaliserade vi de centrala termerna i frågeställningarna, och tog sedan fram synonymer till sökorden för att inte utesluta relevanta resultat som möjligen hade missats. Sökorden översattes till engelska och kombinerades med olika booleska operationer i sökningarna för att få en bred träffbild. Träffarna granskades sedan manuellt och artiklarna inkluderades utifrån relevans för arbetet.

Resultatet visar att ett flertal av de granskade studierna indikerar att användandet av matematikappar har effekt på elevers lärande i matematik, särskilt för elever i svårigheter. Det som kan förklara effekten är att en tidig användning av matematikappar kan hjälpa elever att bygga grundläggande matematisk färdighet, och att appens design är en betydelsebärande faktor. Resultatet tyder även på att elevers motivation och engagemang ökar vid användandet av vissa matematikappar. Det är dock viktigt att hålla ett kritiskt perspektiv vid läsning av översikten, dels då de inkluderade studierna är begränsade i antal, dels då fler studier efterfrågas för att ge en mer heltäckande bild av området.

Nyckelord: appar, elevers lärande, matematik, matematikappar, matematikundervisning,

Innehållsförteckning

1 Inledning	5
2 Syfte och Frågeställning	8
3 Metod	9
3.1 Databaser	9
3.2 Sökord	10
3.3 Urvalsprocess	11
3.4 Metodreflektion.....	12
4 Resultat och Analys	14
4.1 Effekten på lärandet	14
4.2 Vad kan förklara effekten?.....	18
4.2.1 Tidig användning av matematikappar.....	18
4.2.2 Matematikappars design	19
4.2.3 Sekundär påverkan	21
5 Slutsats och Diskussion	23
5.1 Slutsats.....	23
5.2 Diskussion	24
5.3 Vidare forskning.....	26
6 Referenser	27
7 Bilaga	29

1. Inledning

En tidig reflektion från vår verksamhetsförlagda utbildning (VFU) var att användandet av matematikappar i undervisningen är vanligt förekommande, men att de inte verkar ha ett tydligt syfte. Under våra diskussioner har vi kommit fram till att spel på diverse matematikappar ofta används som en belöning till de som fortast räknar klart de sidor i matematikboken som lektionen behandlar. Dessa observationer har även bekräftats då vi haft tillfälle att arbeta som vikarier på andra skolor än de vi varit placerade på under vår VFU. Intresset för att undersöka vilken effekt användningen av matematikappar har på elevers lärande har därför växt sig allt starkare under utbildningens gång.

En tydlig definition av begreppet matematikappar är svår att finna, varför det är viktigt att klargöra för läsaren av denna kunskapsöversikt vad vi menar att begreppet innebär. Utgångspunkten för vårt arbete är att det utgörs av uppgiftsbaserade matematikappar med ett matematiskt innehåll som går att utföra på en surfplatta eller dator, där ämnet konkretiseras med hjälp av olika visuella stöd.

I dagens samhälle är digitaliseringen ständigt ett aktuellt ämne, och skolan är inget undantag. Senare års stora mängd debattartiklar som argumenterar både för och emot den snabba digitaliseringen i skolan visar på intresset för ämnet. Skolverket (2019a) skriver i *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet* (Lgr 11) att eleverna bland annat ska kunna använda digitala verktyg på ett sätt som främjar kunskapsutveckling, att utbildningen ska ge eleverna förutsättningar att utveckla digital kompetens och att de ska få en förståelse för hur digitaliseringen påverkar individen och samhällets utveckling. Denna kraftiga satsning på digital kompetens i skolan har delvis grund i att Sverige ligger i topp när det gäller tillgången till teknik, men har hamnat på efterkälken i användningen av tekniken i skolan (Digitaliseringskommissionen, 2014). Det är alltså en hel del insatser som ska genomföras av oss lärare för att nå upp till målen, vilket speglas i det behov av kompetensutveckling inom IT och de digitala verktyg som finns i skolan (Skolverket, 2016).

Vid en närmare blick på matematikappar menar Larkin (2014) att det är viktigt att påpeka att innehållet inte automatiskt är relevant eller har positiv effekt på lärandet, bara för att appen är populär eller marknadsförs som en app för matematiklärande. Palmér och Helenius (2019) betonar också vikten av lärares digitala kompetens, då det är vi lärare som ofta tar beslut om vilka matematikappar som ska användas i undervisningen.

En viktig aspekt är också hur tillgången till surfplattor och datorer ser ut i grundskolan. En stor andel av skolorna har satsat på att förse eleverna med personliga datorer eller surfplattor - en digitaliseringsstrategi som Skolverket (2019b) kallar en till en. Det har lett till att en högre andel elever oftare använder dator eller surfplatta till olika skoluppgifter än för de elever utan tillgång till en egen dator. En till en-satsningen i kombination med övriga insatser har accelererat digitaliseringens takt - 2018 fanns det 1,3 elever per surfplatta eller dator i grundskolan jämfört med 1,9 elever per surfplatta eller dator år 2015 (Skolverket, 2016; Skolverket, 2019b). Rimligen bör det finnas en större kvot dator/elev i grundskolan nu.

Skolverket (2019b) skriver även att digitaliseringen har fått ett större genomslag i de högre årskurserna; endast två av tio lärare i förskoleklass, låg- och mellanstadiet använder digitala verktyg för att utveckla undervisningen, jämfört med fyra av tio i högstadiet och gymnasiet. Eftersom en så låg andel lärare använder digitala verktyg - i kontrast till Skolverkets (2019b) ambitiösa digitaliseringsstrategi - bidrar vår kunskapsöversikt därmed till professionen genom att fylla på med kunskap om hur ett digitalt verktyg, matematikappar, används i undervisningen och vilken effekt de har på lärandet i de lägre årskurserna. Ett positivt utfall skulle ge stöd åt den växande andel surfplattor och datorer som finns i skolan, och som en följd få fler lärare att använda relevanta matematikappar i undervisningen.

En systematisk översikt av digitala läresurser i matematikundervisningen, gjord av Wallin et al. (2017) på uppdrag av Skolforskningsinstitutet, sammanfattar bland annat forskning om digitala spel och dess effekt på elevers kunskaper i matematik. En av slutsatserna de drar är att digitala spel kan ha positiv effekt på lärandet men att det inte går att bevisa att samma effekt inte skulle kunna nås med hjälp av annan undervisning. Författarna skriver även att den snabba utvecklingen inom området gör att ny kunskap ständigt tillförs, vilket medför ett behov av kontinuerliga kunskapsöversikter. För att exemplifiera den snabba utvecklingen spänner

studiernas publikationsår i översikten av Wallin et al. (2017) mellan årtalen 2007 och 2016, medan denna kunskapsöversikt behandlar artiklar från årtalen 2015 till 2020.

2. Syfte och frågeställning

Syftet med denna kunskapsöversikt är att utreda matematikappars påverkan på elevers lärande av matematik i årskurs F-6. Digitaliseringen har under de senaste åren tagit mer och mer plats i skolan och det är inget undantag i matematikklassrummet, vilket gör ämnet högst aktuellt och mycket intressant. Med denna kunskapsöversikt sammanställer vi hur forskningsläget ser ut gällande vilken effekt användningen av matematikappar i matematikundervisningen har på elevernas lärande och vad som kan orsaka dessa effekter.

För att vi ska kunna utreda kunskapsöversiktens syfte formulerades följande frågeställningar:

- Vilken effekt har användningen av matematikappar på elevers lärande i årskurs F-6?
- Vad kan förklara den eventuella effekt som användningen av matematikappar har på elevers lärande?

3. Metod

Syftet med en kunskapsöversikt är att samla och summera tidigare forskning inom ett visst ämnesområde, detta kallas även för en forskningsöversikt (Backman, 2016). Vi har här samlat och summerat tidigare forskning av matematikappars användning och påverkan på elevers lärande. Genom diskussioner som påvisar likheter och olikheter mellan olika vetenskapliga rapporter ger denna kunskapsöversikt evidens och man får en översikt om det finns luckor i forskningsområdet som behöver utvecklas och forskas vidare inom. För att påvisa ett resultat spelar forskarens val av metod stor roll och ska redovisas tydligt (Backman, 2016). Vi anger här, samt i bilaga 1, vilka källor och vilken metod som använts som grund för resultat och analys, vilket visar på att resultatet är hållbart och går att använda sig av i vidare forskning (Thurén, 2019). Sökprocessen redogörs detaljerat och blir då lätt att följa. Det gör det möjligt att replikera, det vill säga att upprepa med identiska förhållanden för att kontrollera resultatet. Det gör det också möjligt för evaluering av dess validitet och reliabilitet samt hur den överensstämmer med frågeställningen (Backman, 2016).

3.1 Databaser

Det finns olika sökstrategier att använda för att finna underlag till en kunskapsöversikt, via konsultation, manuella sökningar eller via dator. Det mest effektiva sättet att söka bland vetenskapliga dokument, med hög täckningsgrad, är datorbaserade sökningar (Backman, 2016). Datainsamling till denna kunskapsöversikt skedde via systematiska datorbaserade sökningar på olika databaser. En preliminär sökning inledde sökarbetet precis som Backman (2016) skriver, för att få en översikt över vad de olika databaserna erbjuder för möjligheter att avgränsa och sortera sökningar och resultat. De första sökningarna gjordes via databaser som Google Scholar och SwePub samt de tre databaser som senare valdes ut att använda vid datainsamlingen, ERIC via EBSCO, ERC (Education Research Complete) och Libsearch via Malmö Universitet. Dessa databaser ger möjligheter att avgränsa sökningarna och genom olika booleska operationer med sökorden kunde de mest relevanta forskningsrapporterna samlas ihop för att sammanställas utifrån forskningsfrågorna.

3.2 Sökord

För att i databaserna hitta vetenskapliga dokument som är relevanta för kunskapsöversikten behöver man lokalisera de centrala termerna i frågeställningen. Specifika och precisa sökord framställs för att få många träffar men samtidigt utesluta de som är irrelevanta för valt forskningsområde (Backman, 2016). Utifrån dessa sökord tog vi fram synonymer samt andra relaterade ord som kunde tänkas vara med i rapporterna vi ville hitta, sökorden översattes till engelska för att uppnå en internationell spridning på träffarna. Sökorden användes sedan systematiskt i olika kombinationer och booleska operationer på de olika databaserna för en bred sökning, efterhand begränsade vi hur många sökord och vilka vi använde för att få relevanta träffar.

Sökningarna skulle se ut ungefär såhär: *Matematikappar för lärande av matematik i mellanstadiet*. I de olika booleska operationerna gav vi datorn kommandon som OR, när ett av orden skulle vara med i sökträffarna, eller AND, när båda orden skulle vara med. Dessutom använde vi citationstecken när hela sökordskombinationer skulle finnas med och för att utvidga ett ord användes trunkering, ordet förkortas och avslutas med stjärna för att få med alla möjliga ändelser av ordet. Detta gjorde att en sökning kunde ha en boolesk operation likt följande:

"math apps" OR apps OR "math applications" AND mathematics OR "math* ed*" OR "math* teaching" OR "math* instruction" AND "primary school" OR "elementary school" OR "primary education" OR "elementary education"*

Eller

math OR "math* learning" OR "learning math*" OR education OR study OR instruction AND "math* apps" OR "math* application*" OR "math* game*" AND "middle school" OR "primary school" OR "elementary school"*

3.3 Urvalsprocess

Utan avgränsningar gav sökningarna en stor mängd träffar i de tre databaserna och för att hitta de vetenskapliga dokument vi använt oss av i denna kunskapsöversikt gjordes en del avgränsande val.

Eftersom vår kunskapsöversikt ska sammanställa tidigare forskning som är gjord inom området är det viktigt för oss att våra källor är av vetenskaplig karaktär. Den första avgränsningen vi gör är därför att arbetena som ligger till grund för detta arbete ska vara "peer-reviewed", alltså att de ska vara granskade av andra ämnesexperter innan de fått lov att bli publicerade. Det blir en kvalitetssäkring på att publicerad forskning håller hög standard.

Eftersom användningen av appar i skolan och i matematikundervisningen är relativt ny så finns det inte någon äldre forskning kring detta område. Vi gick igenom någon kunskapsöversikt gjord inom området från tidigare år (till och med 2016), vilken uppmanade till att ytterligare kunskapsöversikt behövs vidare. Det gav oss en naturlig utgångspunkt och avgränsning med årtal mellan 2015 - 2020. I något fall gjorde vi sökning med snävare avgränsningar, ett exempel är 2018 - 2020 för att fånga upp nyare forskning som vi eventuellt hade missat tidigare och kunde då jämföra olika forskningsresultat från olika år, trots den redan begränsade tidsperioden.

De flesta sökningarna resulterade i källor som bygger på kvantitativa undersökningar, varför detta ligger till grund för kunskapsöversikten. Gemensamt för flertalet källor är att de består av många deltagare samt att testresultat från innan och efter användningen av matematikappar har samlats in och jämförts med kontrollgrupper. Dessa kvantitativa undersökningar ger oss möjlighet att få en generell överblick över vilka olika effekter på elevers lärande som användningen av matematikappar erbjuder. Vi har även inkluderat forskning som är gjord med kvalitativa undersökningar, där deltagare intervjuas och får sätta ord på sitt lärande vilket kan ge forskarna information som kan missas när man endast samlar in testresultaten. När kvalitativa undersökningar varit med, har detta oftast skett i en kombination med kvantitativa undersökningar där båda typerna av undersökningar stått till grund för forskarnas rapporter.

När detta arbete inleddes var grundtanken att undersöka vilka effekter användningen av matematikappar har på grundskoleelever i årskurs 4-6. I sökningarna hittades även många intressanta studier som var gjorda med yngre deltagare, vilket ledde till att vi valde att även inkludera forskning från förskoleklass till årskurs 3. Det gör att denna kunskapsöversikt grundas på studier gjorda med barn från förskoleklass till årskurs 6.

I flera studier diskuteras inte bara användningen av matematikappar i matematikundervisningen och dess påverkan på elevernas lärande generellt utan även vilka elever som gynnas mest av användningen. Vi har valt att inkludera rapporter som till viss del även undersöker effekten hos elever i svårigheter, såsom inlärningssvårigheter och beteendeproblematik, men vi exkluderar de rapporter som endast fokuserar på effekten hos elever i svårigheter.

En annan avgränsning vi valde att göra, på grund av finansiella begränsningar, var att endast inkludera vetenskapliga dokument som var tillgängliga i fulltext kostnadsfritt på databaserna.

3.4 Metodreflektion

För att kunna tolka och använda denna kunskapsöversikt vidare finns det en del att reflektera över och ett kritiskt perspektiv vid läsning av denna kunskapsöversikt är att föredra. Vi kan konstatera att metoden vi använt oss av har fungerat och varit effektiv då vi kunnat samla in ett underlag, men vi kan även se vissa uppenbara svagheter i denna metod.

Till att börja med strävade vi efter att hitta källor där studierna var inriktade på användningen av matematikappar i grundskolans årskurs 4-6. I sökningarna hittades mycket intressant forskning framförallt från de lägre årskurserna, vilka vi valde att inkludera i denna sammanställning. En inkludering som gjort att åldersspannet på denna kunskapsöversikt breddats och inkluderar barn från förskoleklass till årskurs 6. Man kan därför följa hur användningen av matematikappar påverkar olika årskurser på olika sätt. Eftersom denna kunskapsöversikt är begränsad till ett förhållandevis fåtal källor kan denna inkludering samtidigt göra att det samlats in lite material på sina ställen och det behövs vidare efterforskning för att säkerställa vilken effekten är av

användningen av matematikappar och vad det är som ger denna effekt. Resultatet kan också påverkas då användningen av apparna i de olika årskurserna ser olika ut.

Vidare har det visat sig vara en viss svårighet att få tillgång till vissa vetenskapliga dokument i sin helhet från de olika databaserna. Därför gjordes en avgränsning på att bara visa arbeten som var tillgängliga till fullo, vilket medförde att det då sorterades bort många intressanta arbeten som hade kunnat styrka vår frågeställning eller visat på ett annat resultat.

Inledningsvis genomförde vi sökningar bland annat på SwePub som vi senare valde bort eftersom vi inte fick några relevanta träffar. Några sökningar gjordes med svenska sökord vilket inte heller genererade några relevanta träffar och därför valde vi istället att utföra sökningarna med engelska sökord i de övriga ovan nämnda databaserna. Detta resulterade i att träffarna gav ett internationellt perspektiv men uteslöt arbeten som är skrivna på andra språk än engelska, vilket i sin tur kan utesluta arbeten som eventuellt hade påvisat ett annat resultat.

I flertalet studier rapporteras det om att elever gynnas olika mycket av användningen av matematikapparna. Vi har i denna kunskapsöversikt valt att inkludera studier som till viss del riktar in sig på lärandet hos elever i olika svårigheter, däremot har vi valt att exkludera studier som enbart riktar in sig på elever i svårigheter. Denna inkludering och exkludering ger oss en mer generell översikt över effekter hos alla elevers lärande, och påverkas inte allt för mycket av elevers olika förutsättningar för att se om användandet av matematikappar ger en effekt. Men den påverkar resultatet då det i många studier visat sig att elever i svårigheter gynnas mer av användandet av matematikappar, därför visar studier med inkludering av elever i svårigheter ofta ett bättre resultat av användandet av apparna.

För övrigt finns det säkert brister i denna metod som för oss är okända men som påverkat sammanställningen av detta arbete och måste hållas i åtanke vid tolkning av arbetet, man bör därför hålla ett kritiskt perspektiv.

4. Resultat och analys

Resultatet är baserat på en granskning av elva utvalda vetenskapliga studier. De skiljer sig åt både när det gäller metod och forskningsinriktning. Vissa studier använder en kvantitativ metod, medan andra tillämpar en blandning av kvantitativ och kvalitativ metod. En del studier fokuserar på ett visst område inom matematiken, exempelvis bråk, andra inriktar sig på den tidiga taluppfattningen. Betoningen i de flesta undersökningar ligger på begrepps- och metodförmågan, men studier där problemlösningsförmågan är i centrum finns även med i underlaget. Redovisningen av resultatet är uppdelad på två huvudrubriker som utgår från våra frågeställningar. Först redogörs för resultatet i de olika studierna gällande effekten på lärandet, därefter följer vad effekten kan bero på.

4.1 Effekten på lärandet

Studien som Volk et al. (2017) genomförde visade att skillnaden i förbättring var statistiskt signifikant högre för experimentgruppen jämfört med kontrollgruppen. 124 elever i årskurs 3 på en skola i Slovenien fick arbeta med ämnesöverskridande matematikaktiviteter med hjälp av tre utvalda appar under en sju månaders-period. Kontrollgruppen bestod av 135 elever som fick traditionell matematikundervisning utan ämnesöverskridande eller digitala inslag, vilket utfördes med laborativt och visuellt material, samt papper och penna. Forskarna konstruerade ett för- och eftertest för att mäta begrepps-, metod- och problemlösningsförmågan, och eleverna i experimentgruppen presterade bättre än de i kontrollgruppen på alla tre områden.

En annan studie med statistiskt signifikant resultat är gjord av Zhang et al. (2015) som undersökte hur tre olika appar med fokus på multiplikation och decimaltal påverkade elevernas lärande. Studien genomfördes på en skola i USA där 18 elever från samma klass i årskurs 4 inkluderades i studien, och 10 av dem hade någon typ av funktionshinder eller svårigheter i skolan. Eleverna använde apparna under en månads tid på fyra lektioner, under lektionspass på 80-90 minuter med pauser där det behövdes. Tre för- och eftertester gjordes och dataanalysen visade att eleverna förbättrade resultatet på alla tre tester. Särskilt förbättrades resultatet för

lågpresterande elever. En begränsande faktor som författarna lyfter fram är dock att studien endast inkluderade 18 elever och att de valde att inte ha en kontrollgrupp.

Två studier som undersökte appars effekt på elevers aritmetiska kunskaper visade genomgående bättre resultat för experimentgrupperna jämfört med kontrollgrupperna (Brezovszky et al., 2019; Hung et al., 2015). I studien av Brezovszky et al. (2019) inkluderades 1168 elever i årskurs 6 från en skola i Finland, 642 stycken i experimentgruppen och 526 stycken i kontrollgruppen. Syftet med studien var att undersöka effekterna av 10-veckors ordinarie undervisning, berikat med lärande genom Number Navigation Game (NNG), på elevers adaptiva taluppfattning, aritmetiska flyt och pre-algebraiska kunskaper. Målet var att experimentgruppen skulle spela NNG i sammanlagt 10 timmar, med 3 speltillfällen per vecka, medan kontrollgruppen hade traditionell undervisning med liknande uppgifter som löstes med papper och penna. Hung et al. (2015) utförde sin studie på en skola i Taiwan, där 52 elever i årskurs 2 fördelade på hälften i en experimentgrupp och hälften i en kontrollgrupp inkluderades. Eleverna hade först en traditionell lektion på 60 min om innehållet som skulle mätas (addition och subtraktion). Sedan fick de ett förtest och en enkät att svara på. Efteråt fick experimentgruppen spela samma spel som kontrollgruppen fast inställt på en högre svårighetsgrad under en lektion på 40 min, för att sedan svara på en enkät och genomföra ett eftertest.

Pitchford och Outhwaite (2019) genomförde en studie i Malawi, ett låginkomstland vars historia visar på fattig grundskola och bristfällig utveckling av matematiklärande hos barnen. Där tillgången till I-pads eller datorer inte fanns i den ordinarie undervisningen. Barnen var mellan 6 och 13 år och indelade i klasser efter deras förmåga, vilket barn i Malawi är från de första tre åren av formell utbildning. De 318 elever som medverkade i studien delades slumpmässigt upp i tre grupper, en grupp som skulle använda en matematikapp (experimentgrupp), en grupp använde en app med annat fokusområde än matematik (placebogrupp) och en grupp använde standard lärarledda matematiska övningar (kontrollgrupp) (Pitchford & Outhwaite, 2019). Studien pågick under 8 veckor där barnen i experimentgruppen och placebogruppen använde apparna under totalt 20 timmar. Alla elever gjorde ett förtest och ett eftertest som gjorde att denna studie visar på signifikanta gruppskillnader där gruppen som använde matematikappen gjorde betydligt större matematiska vinster i jämförelse med de båda andra grupperna, däremot

observerades inga större skillnader i matematiska vinster mellan placebo-gruppen och kontrollgruppen (Pitchford & Outhwaite, 2019).

En liknande studie är gjord i 12 skolor i Storbritannien, ett västerländskt höginkomstland där barnen har vana sedan tidigare att arbeta med Ipads och datorer i undervisningen. I denna studie studerade Outhwaite et al. (2019) samma matematikapp som i studien i Malawi och gjorde en intressant upptäckt. Matematikappens inlärningsvinster som hittades i denna studie var jämförbar med inlärningsvinsterna i studien från Malawi (Outhwaite et al., 2019). I denna studie medverkade 389 barn i åldern 4-5 år. De delades slumpmässigt in i tre grupper, en grupp som skulle använda en matematikapp och samtidigt få ordinarie standard lärarledda matematiklektion (experimentgrupp 1), en grupp använde sig av matematikappen istället för en del av den ordinarie standard lärarledda matematiklektionen (experimentgrupp 2) och en grupp använde standard lärarledda matematiklektioner (kontrollgrupp) (Outhwaite et al., 2019). Alla elever gjorde ett förtest och ett eftertest som visade på signifikanta skillnader mellan de olika grupperna. Studien visade att de båda experimentgrupperna fick bättre resultat än kontrollgruppen, däremot såg man ingen större skillnad mellan de båda experimentgrupperna. Denna studie visar på att matematikappar stödjer elevernas lärande och ger dem stöd i lärandet av matematiska begrepp och metoder. Studien tyder samtidigt på att matematikappar även stödjer elevers utveckling av andra kunskaper som inte omfattas av apparna, så som matematiska resonemang och problemlösning (Outhwaite et al., 2019).

I studien som Changa et al. (2015) har gjort testas olika grupper av mellanstadieelever från två skolor i Virginia i USA. En undersökning då 306 elever slumpmässigt delades in i två grupper, ena gruppen (experimentgruppen) använde en matematikapp för lärandet av bråkräkning, den andra gruppen (kontrollgruppen) undervisades inom samma område men med pappers- och penna-övningar. Changa et al. (2015) skriver att efter 9 veckors användande av matematikappar visade resultaten av eftertesterna att eleverna som använde matematikapparna uppvisade förbättrad matematikprestanda jämfört med kontrollgruppen (Changa et al., 2015). En annan del av undersökningen visade vilka elever som drar mest nytta av användningen av matematikappar; indelningen gjordes då av eleverna utifrån deras matematiska förmågor. Eleverna delades in i tre grupper, lågpresterande, medelpresterande och högpresterande, där det visade sig att lågpresterande elever drar mest nytta av användningen av matematikappar (Changa

et al., 2015). I båda fallen lägger forskarna fram bevis på att användning av matematikappen ger goda effekter på elevers lärande inom matematik.

Gresalfi et al. (2018) och Zhang et al. (2020) undersökte appar med fokus på bråk och vilken effekt de har på lärandet. Gresalfi et al. (2018) genomförde sin studie på två skolor i USA med 95 elever från årskurs 3. Appar valdes från Apples app store och delades upp i spelliknande appar och arbetsbladsliknande appar. Hälften av eleverna arbetade sedan med de spelliknande apparna under sammanlagt tre timmar på en vecka, medan hälften arbetade med arbetsbladsliknande appar under samma period. Zhang et al. (2020) inkluderade i sin studie två olika klasser i årskurs 3 på en skola i Kina, den ena klassen blev slumpvis vald som experimentgrupp och den andra som kontrollgrupp. Experimentgruppen fick blandad undervisning, där halva tiden (20 min) spenderades med traditionell undervisning, och andra halvan med att spela bråkspel på en iPad. Kontrollgruppen fick traditionell undervisning. Alla elever genomförde ett förtest och ett eftertest samt ett transfertest som var baserat på standardiserade test i Kina. Transfertestet mätte hur väl eleverna förstod storleken på bråk genom att de fick jämföra olika bråk, med samma täljare eller nämnare, och placera dem i storleksordning. Ingen av studierna påvisade någon signifikant effekt, men båda forskarlagen anser att lärandet kan förbättras genom användning av apparna, då de påverkar elevernas motivation positivt och att eleverna därmed slutför fler uppgifter med hjälp av apparna än med traditionell undervisning. Zhang et al. (2020) argumenterar även för att apparna medför en effektivitetsfördel gentemot traditionell undervisning. Eleverna i deras studie använde appar halva lektionstiden och fick liknande resultat som kontrollgruppen på ett eftertest men högre resultat på ett transfertest.

Callaghan och Reich (2018) undersökte om matematikappar för förskoleelever är utformade för att bidra till barnens lärande inom matematikämnet. I tre månader valdes matematikappar ut från Apples app store och Android-appar (från Amazon- och Google Play-butiker), varje månad valdes tio premiumappar och tio gratisappar från var och en, vissa appar sorterades bort och slutligen undersöktes totalt 171 appar som alla marknadsförs som pedagogiska matematikappar. Liknande gjorde Cayton-Hodges, Feng och Pan (2015) i sin undersökning som då baserades på ett urval av 16 matematikappar från Apples app store. Dessa 16 matematikappars design och interaktionsmöjligheter undersöktes i 10-25 minuter. Resultaten från undersökningarna ställdes i relation till vad forskning säger att elever behöver för att lärande ska uppnås. De skriver att det

är få appar på marknaden som faktiskt tillhandahåller lämplig vägledning för att barnen ska få lärande med sig efter användningen, även om de marknadsförs som lärande matematikappar (Callaghan & Reich, 2018; Cayton-Hodges, Feng & Pan, 2015). Effekterna på elevernas lärande varierade mycket beroende på vilka appar som användes.

Sammanfattningsvis visar flertalet av de granskade studierna att användningen av matematikappar har positiv effekt på elevers lärande (Brezovszky et al., 2019; Changa et al., 2015; Hung et al., 2015; Outhwaite et al., 2019; Pitchford & Outhwaite, 2019; Volk et al., 2017; Zhang et al., 2015). Några studier visar däremot att användandet av matematikappar inte har någon effekt på elevers lärande (Gresalfi et al., 2018; Zhang et al., 2020). Gemensamt för en del studier som visar på ett positivt resultat är att deras undersökningar har aritmetik som fokusområde. Dessa undersökningar får överlag ett mer positivt utfall än studier som behandlar appar med bråk i fokus. Många av forskarna, både de vars studier påvisar effekt på elevers lärande och de som inte sett någon effekt, är enade om att det finns sekundär påverkan på lärandet, såsom större engagemang, bättre koncentration och motivation (Gresalfi et al., 2018; Hung et al., 2015; Outhwaite et al., 2019), men att effekterna varierar beroende på appens innehåll och hur de används (Callaghan & Reich, 2018; Cayton-Hodges, Feng och Pan, 2015).

4.2 Vad kan förklara effekten?

Många rapporter visar en samstämmighet över att fokus ska ligga på innehållet i de olika matematikappar som används i matematikundervisningen, för att det ska ge effekt på elevernas lärande och utveckling av matematikkunskaper. Det räcker alltså inte bara att använda apparna eller använda vilken app som helst för att lärande inom matematik ska uppnås (Callaghan & Reich, 2018; Cayton-Hodges, Feng och Pan, 2015; Changa et al., 2015; Outhwaite et al., 2019).

4.2.1 Tidig användning av matematikappar

Outhwaite et al. (2019) skriver om att matematikappar kan hjälpa eleverna i de tidiga åldrarna att bygga en stark grundläggande matematisk färdighet. De lär sig då metoder och begrepp som de

kan automatisera och assimilera i en högre kunskapsutveckling av matematisk kunskap och matematiska färdigheter på en högre nivå (Callaghan & Reich, 2018; Outhwaite et al., 2019).

Det rapporteras ständigt om ett fortsatt stort behov av att höja prestandan inom matematik, och detta redan i de tidigare åren av utbildningen, då det är under denna tid som barnen ska bygga en stark grund med grundläggande matematiska färdigheter (Outhwaite et al., 2019). Många forskningsstudier pekar på att det blir förbättringar av elevers matematikkunskaper efter att de använt pedagogiska spel på surfplattor i anslutning till matematikundervisningen (Changa, 2015). Det är dock inte bara att börja använda vilka appar som helst även om de marknadsförs som pedagogiska matematikutvecklande appar, stort fokus måste ligga på apparnas innehåll, eftersom deras design är av största vikt för att bidra till elevernas lärande av matematik (Callaghan & Reich, 2018; Cayton-Hedges, Feng och Pan, 2015; Outhwaite et al., 2019).

4.2.2 Appars design

Flera studier lyfter designen som en betydelsebärande faktor för vilken effekt appen har på elevers lärande (Callaghan & Reich, 2018; Cayton-Hedges, Feng och Pan, 2015; Gresalfi et al., 2018; Hung et al., 2015; Zhang et al., 2015; Zhang et al., 2020). Gresalfi et al. (2018) fokuserar i sin studie på två olika sätt att designa appar som utvecklar bråkkunskaper, ett mer spellikt och ett mer arbetsbladslikt sätt. Inga signifikanta skillnader noterades, men författarna menar att apparnas utformning potentiellt har betydelse i det längre perspektivet, eftersom eleverna uttryckte större entusiasm kring de spelliknande apparna och valde att endast använda de apparna när eleverna fick välja app fritt. På ett liknande sätt resonerar Zhang et al. (2015) då de menar att väldesignade appar kan förbättra elevers lärande, speciellt för lågpresterande elever. De såg även att eleverna, som ett resultat av appens design, kunde öva på fler uppgifter eller problem än vad de vanligtvis skulle klara av på en traditionell matematiklektion med papper och penna. Apparnas design i studien av Zhang et al. (2020) möjliggjorde även, likt vad Zhang et al. (2015) upptäckt, tillfällen till att öva på många liknande uppgifter och chansen att göra om uppgiften ifall de gjort något fel.

En del studier pekar på att apparns möjlighet att anpassa innehållet utifrån spelaren är en viktig och användbar aspekt. När apparna anpassar innehållet utifrån elevens nuvarande kunskap och förmåga, samt att svårighetsgraden blir mer utmanande allteftersom eleven klarar sig bra eller minskar utmaningen när eleven verkar kämpa, har det visats att elever engagerar sig mer i spelen och lärandet ökar (Callaghan & Reich, 2018). Hung et al. (2015) genomförde en studie med fokus på hur just en app inställd på en högre nivå påverkar elevers prestation och flow jämfört med lägre nivåer. Att vara i flow innebär att en person är helt uppslukad av en aktivitet, med en känsla av djup koncentration och tillfredsställelse, vilket har visat sig ha en positiv påverkan på elevers lärande (Webster et al., 1993). Eleverna som ingick i experimentgruppen fick genomgående bättre resultat på det som mättes; de presterade bättre på testerna, och kände en högre grad av tillfredsställelse jämfört med kontrollgruppen. Forskarna menar att eleverna som spelade de utmanande spelen visade hög nivå av motivation och ville slutföra sina uppgifter. De upplevde även att tiden gick fortare och hade en känsla av nöjdhet, något som tyder på att de var i flow. Under studien hjälpte den undervisande läraren de elever som bad om det med hjälp av scaffolding, stöd utifrån deras förståelse så att de kunde ta sig vidare i lärandet, vilket forskarna menar är viktigt att få del av för att inte förlora känslan av flow (Hung et al. 2015).

Gemensamt för många appar är att de erbjuder ett rikt visuellt stöd. När bråk presenteras på ett sätt som är attraktivt, intressant och utan press från helklass-sammanhang blir det lättare att förstå och arbeta med samtidigt som det hjälper de elever som är mindre motiverade i det vanliga sammanhanget (Changa et al., 2015). Det är också något som Zhang et al. (2020) lyfter som en viktig aspekt av vad digitala spel borde innehålla, för att stödja lärandet och hjälpa eleverna att få en relationell förståelse för matematiken. Volk et al. (2017) menar även att eleverna i deras studie kunde röra sig från det konkreta till det abstrakta med hjälp av apparna som användes. Matematikappar kan då fungera som ett komplement till matematikboken och fysiskt laborativt material.

Flera av de granskade studierna framhåller även snabb feedback som en viktig egenskap för matematikappar (Callaghan & Reich, 2018; Gresalfi et al., 2018; Hung et al., 2015; Volk et al., 2017; Zhang et al., 2020). Zhang et al. (2015) hävdar att den inbyggda omedelbara feedbacken är en av fördelarna med apparna i deras studie, då snabb feedback har visat sig vara en effektiv metod för att höja elevers resultat. Omedelbar feedback stödjer engagerat lärande, både när det

ges i positiv form och negativ form. Många appar ger belöningar vid korrekta svar och visar tydligt när det blir fel, vilket är feedback som underlättar för barns förståelse samt stödjer motivationen. Vissa appar som också visar på olika korrigeringar vid fel svar samt uppmuntrar spelaren till att försöka igen har visat sig ge spelaren djupare matematisk förståelse och gynnat engagemanget hos barnet (Pitchford & Outhwaite, 2019).

Ytterligare en aspekt av vissa matematikappars design som påverkar elevers lärande är om innehållet går att dela upp i mindre delar. Ett exempel är en app som hjälper elever att bryta ner multiplikationsuppgifter med stora tal i mindre delar. Sådana appar fungerar stödjande för många elever som drar fördel av att dela upp komplexa processer i små steg, speciellt elever i svårigheter (Zhang et al., 2015).

4.2.3 Sekundära vinster och fördelar med matematikappar

Många forskare pekar på att användningen av högkvalitativa pedagogiska matematikappar visar på stora effekter på lärandet av matematik hos eleverna (Changa et al., 2015; Outhwaite et al., 2019; Pitchford & Outhwaite, 2019). De menar dock samtidigt att det finns mycket mer att vinna på användningen av matematikappar och appar i klassrummet.

Pitchford och Outhwaite (2019) skriver att det konsekvent rapporteras från lärare att de upplever förbättrad koncentrationsförmåga hos barnen som använder matematikappar, både att de kan hålla koncentrationen under själva användningen av appen, men också att de verkar mer fokuserade efter användningen. Vi kan se i deras studier och även hos andra forskare att de barncentrerade strategier som vissa appar baseras på, och det engagerade lärandet de använder sig av, kan stödja motivationen och engagemanget hos eleverna, att arbeta vidare med matematikappar (Outhwaite et al., 2019; Pitchford & Outhwaite, 2019). Liknande resonemang kan vi se hos Zhang et al. (2020) som menar att apparna kan ge en upplevelse av engagemang och motivation hos eleverna, samtidigt som det förbättrar deras förståelse av bråk. Hung et al. (2015) visar även i sin studie på starka resultat som stödjer deras hypotes om att elevernas motivation ökar, i deras fall då de utsätts för utmanande matematikappar. Något som är gemensamt för många studier är att eleverna gärna använder de matematikappar som är

väldegnade och roliga då de får välja fritt under en lektion, vilket resultatet från Gresalfi et al. (2018) även demonstrerar.

5. Slutsatser och diskussion

Kapitlet inleds med att ta upp de slutsatser som vi kan dra utifrån resultatet. Forskningsfrågorna, vilken effekt användningen av matematikappar har på elevers lärande och vad som kan förklara denna effekt, kommer sättas i relation till de granskade studierna i en diskussion där vi även ser på dess förhållande till lärarprofessionen. Denna diskussion mynnar ut i ett förslag till framtida forskning.

5.1 Slutsatser

I sammanställningen av denna kunskapsöversikt har vi fått svar på de tidigare ställda forskningsfrågorna. En slutsats vi drar är att användningen av matematikappar kan ge effekt på elevers lärande av matematik inom vissa områden. I den granskade forskningen har vi bland annat sett att elever som använder matematikappar för att lära sig aritmetik visar ett bättre resultat jämfört med kontrollgrupper (Brezovszky et al., 2019; Hung et al., 2015; Zhang et al., 2015). Det framkommer också att många appar stödjer lärande av matematiska begrepp och metoder, men att användaren sällan ska resonera och motivera och inte heller värdera varför ett svar är rätt eller fel (Callaghan & Reich, 2018; Outhwaite et al., 2019).

En annan slutsats vi drar är att matematikappar med fördel kan användas som ett komplement till de ordinarie lärarledda lektionerna för att hjälpa elever i olika svårigheter. Detta eftersom en del studier som visar på effekt hos alla elevers lärande också visar att elever i svårigheter gynnas mer (Changa et al., 2015; Zhang et al., 2015).

Något som vi tydligt kan se i studierna är att det är en till tre appar som används och att de ofta är utvecklade av en forskargrupp eller institution, även om vissa studier också använder publikt tillgängliga appar från exempelvis App store. Effekterna vi ser kan alltså till stor del vara beroende av vilken app som används, vilket är viktigt att ha i åtanke. Det kan även vara svårt att som lärare dra nytta av en studies resultat om appen som använts inte finns tillgänglig att själv använda i sin egen klass.

Vi drar även slutsatsen att appens design är en viktig del av effekten på lärandet, där flertalet studier lyfter visuellt stöd och omedelbar feedback som centrala delar (Callaghan & Reich, 2018; Gresalfi et al., 2018; Hung et al., 2015; Volk et al., 2017; Zhang et al., 2020). En del studier har dessutom gjort kompletterande enkätundersökningar som visar på att elevers motivation och engagemang ökar vid användande av matematikappar, och att de även anger att de föredrar att arbeta med appar (Gresalfi et al., 2018; Hung et al., 2015). En möjlig effekt av det tilltagande användandet skulle i så fall vara att även lärandet ökar, speciellt om tiden som eleverna spenderar på matematiken ökar i jämförelse med innan (Outhwaite et al., 2019).

5.2 Diskussion

Under vår VFU väcktes de frågor som ligger till grund för kunskapsöversikten till liv, och den tydliga effekt på elevers lärande som kan ses i ett flertal studier är ett argument för att lärare borde använda matematikappar i undervisningen. Resultatet stödjer även den en till en-satsning som Skolverket (2016) noterat att skolor och huvudmän initierat, med en ökande andel surfplattor och datorer i skolan som följd. Det positiva utfallet motiverar att fler elever får tillgång till surfplattor och datorer i matematikundervisningen. Det är dock viktigt att förhålla sig kritisk till resultatet, särskilt eftersom kunskapsöversikten inkluderar ett begränsat antal studier med vitt skilda metoder. För att dra fördel av rapporten skulle ett första steg för en verksam lärare i så fall kunna vara att använda en app, med relevans för det område som behandlas, på ett liknande sätt som i en av studierna och därefter utvärdera effekten.

I resultatet blir det tydligt att valet av app att använda sig av blir viktigt för läraren; fokus måste vara på innehållet i apparna (Callaghan & Reich, 2018; Cayton-Hadges, Feng och Pan, 2015; Changa et al., 2015; Outhwaite et al., 2019; Volk et al. 2017). När lärare eller vårdnadshavare medvetet väljer ut matematikappar med ett innehåll som stödjer elevers lärande är det ett värdefullt lärohjälpmedel som hjälper barnen att få grundläggande förståelse och viktiga begrepp med sig för vidare utveckling inom matematik på högre nivå (Callaghan & Reich, 2018). Läraren och hens digitala kompetens blir alltså, som Palmér och Helenius (2019) nämner, avgörande för att välja de matematikappar som tillhandahåller ett effektivt lärande för eleverna.

På marknaden finns det, som tidigare nämnts, många appar som marknadsförs som pedagogiska matematikappar men som inte stödjer elevernas lärande (Larkin, 2014). För att stödja elevernas lärande måste apparna ha tydliga instruktioner och erbjuda interaktion. Många appar är bra på att ge eleverna scaffolding i form av feedback, både positiv och negativ, med ljud och/eller visuellt. Vissa appar har dessutom uppmuntrande ljud och bilder när det blev fel för att uppmuntra till nytt försök. Apparna måste även erbjuda annan typ av scaffolding till eleverna, till exempel förklara vad som blev fel och hur det ska se ut för att bli rätt (Callaghan & Reich, 2018; Gresalfi et al., 2018; Hung et al., 2015; Volk et al., 2017; Zhang et al., 2015). Utan sådan scaffolding får de testa sig fram, genom att försöka och försöka igen om det blir fel, och i ett sådant lärande blir det lätt att eleverna endast lär sig spelets mål och går miste om lärandet av matematik (Callaghan & Reich, 2018). För att uppnå matematiskt lärande behöver eleverna alltså använda appar som med hjälp av ljud, visuellt stöd och text berättar för dem vad och varför något blev fel och hur det skulle sett ut för att vara rätt.

Ett intressant resultat från studien av Hung et al. (2015) är att elever som spelar ett spel inställt på högre nivå presterar bättre än elever som spelar samma spel inställt på en lägre nivå. Studien är intressant, inte minst eftersom Skolverket (2012) har rapporterat om att högpresterande elever hamnat efter i internationella jämförelser. Appar som går att ställa in efter svårighetsgrad skulle i så fall potentiellt kunna fungera som stöd åt såväl högpresterande som lågpresterande elever. Lärarens roll är då återigen viktig, eftersom hen behöver identifiera varje elevs nivå och anpassa svårighetsgraden därefter.

För professionen är det även värt att notera att det finns skillnader i resultat vad gäller de olika arbetsområden som finns inom matematiken. Studier som undersökt appar med fokus på aritmetik fick överlag ett mer positivt utfall än studier som behandlat appar med bråk i centrum. En anledning till skillnaderna kan vara att aritmetik lärs in tidigt, medan bråk kan upplevas som mer komplext; appar kan då fungera stödjande genom att visualisera talen och bryta ner dem i mindre delar. Vi bör dock förhålla oss kritiskt till detta med tanke på det begränsade underlaget, och att resultaten då likväl kan bero på att just de studier vi inkluderat uppvisar detta mönster.

5.3 Vidare forskning

Forskning om matematikappar i undervisningen är fortfarande i sin linda, och gemensamt för forskarna är att de efterfrågar många fler studier för att bygga upp kunskap. Även om vårt resultat till viss del ska tolkas med försiktighet på grund av bland annat ett lågt antal deltagare i en del studier, så är det ett intressant resultat som motiverar fortsatta studier inom området. Eftersom flera forskare menar att det är skillnad på effekten av lärande hos lågpresterande och högpresterande elever ser vi stora möjligheter att undersöka detta vidare. För att bidra med vidare forskning inom området, matematikappars påverkan på elevers lärande, hade ett intressant område varit att undersöka om och i så fall hur matematikappar kan hjälpa elever i olika svårigheter att klara kunskapskraven och bidra till en livslång lust att lära matematik (Skolverket, 2019a). Något annat som också varit av intresse att forska vidare om och undersöka är om det vi funnit i de granskade studierna till detta arbete även gäller i en svensk kontext.

6. Referenser

- Backman, J. (2016). *Rapporter och uppsatser*. Lund: Studentlitteratur.
- Brezovszky, B., McMullen, J., Veermans, K., Hannula-Sormunen, M. M., Rodríguez-Aflecht, G., Pongsakdi, N., Laakkonen, E., & Lehtinen, E. (2019). Effects of a mathematics game-based learning environment on primary school students' adaptive number knowledge. *Computers & Education, 128*, 63-74.
- Callaghan, M. N., & Reich, S. M. (2018). Are educational preschool apps designed to teach? An analysis of the app market. *Learning, Media and Technology, 43*(3), 280-293.
- Cayton-Hodges, G. A., Feng, G., & Pan, X. (2015). Tablet-Based Math Assessment: What Can We Learn from Math Apps? *Journal of Educational Technology & Society, 18*(2), 3-20.
- Changa M., Evans, M. A., Kim, S., Norton, A., & Samur, Y. (2015). Differential Effects of Learning Games on Mathematics Proficiency. *Educational Media International, 52*(1), 47-57.
- Digitaliseringskommissionen. (2014). *En digital agenda i människans tjänst: en ljusnande framtid kan bli vår : delbetänkande*. (SOU 2014:13). Stockholm: Fritze.
- Gresalfi, M.S., Rittle-Johnson, B., Loehr, A., & Nichols, I. (2018). Design Matters: Explorations of Content and Design in Fraction Games. *Educational Technology Research and Development, 66*(3), 579-596.
- Hung, C-Y., Sun, J. C-Y-, & Yu, P-T. (2015). The benefits of a challenge: student motivation and flow experience in tablet-PC-game-based learning. *Interactive Learning Environments, 23*(2), 172-190.
- Larkin, K. (2014). iPad Apps That Promote Mathematical Knowledge? "Yes, They Exist!". *Australian primary mathematics classroom, 19*, 28-32.
- Outhwaite, L. A., Faulder, M., Gulliford, A., & Pitchford, N. J. (2019). Raising early achievement in math with interactive apps: A randomized control trial. *Journal of Educational Psychology, 111*(2), 284-298.
- Palmér, H & Helenius, O. (2019). *Analys av digitala programvaror*. (Del 5 av modul: Matematikundervisning med digitala verktyg 1). Hämtad från Skolverkets webbplats: https://larportalen.skolverket.se/LarportalenAPI/apiv2/document/path/larportalen/material/inriktningar/1-matematik/Grundskola/426_matematikundervisning

- meddigitalaverktyg_%C3%A5k4-6/5_analysavdigitalaprogramvaror/material/flikmeny/tabA/Artiklar/IKT4-6_05A_01_analys_av%20_digitala_programvaror.docx (2020-12-01)
- Pitchford, N. J., & Outhwaite, L. A. (2019). Secondary Benefits to Attentional Processing Through Intervention With an Interactive Maths App. *Frontiers in Psychology, 10*, 2633.
- Skolverket. (2012). *Högpresterande elever, höga prestationer och undervisningen*. Hämtad från <https://www.skolverket.se/getFile?file=2929> (2020-12-07)
- Skolverket. (2016). *It-användning och it-kompetens i skolan: Skolverkets it-uppföljning 2015*. Hämtad från <http://www.skolverket.se/publikationer?id=3617> (2020-12-01)
- Skolverket. (2019a). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011: reviderad 2019*. Hämtad från <https://www.skolverket.se/publikationer?id=4206> (2020-12-01)
- Skolverket. (2019b). *Digital kompetens i förskola, skola och vuxenutbildning*. Hämtad från <https://www.skolverket.se/getFile?file=4041> (2020-12-01)
- Thurén, T. (2019). *Vetenskapsteori för nybörjare*. Stockholm: Liber.
- Volk, M., Cotic, M., Zajc, M., & Starcic, A. I. (2017). Tablet-based cross-curricular maths vs. traditional maths classroom practice for higher-order learning outcomes. *Computers & Education, 114*, 1-23.
- Wallin, J., Hafsteinsdottir, E., Samuelsson, J., Bergman, E., Bergman, M., Fundell, S., Gulz, A., Helenius, O. & Jahnke, A. (2017). *Digitala lärresurser i matematikundervisningen, delrapport skola*. Hämtad från <https://skolforskningsportalen.se/forskning/digitala-larresurser-i-matematikundervisningen-delrapport-skola/> (2020-12-02)
- Webster, J., Trevino, L. K., & Ryan, L. (1993). The dimensionality and correlates of flow in human-computer interactions. *Computers in Human Behavior, 9*(4), 411–426.
- Zhang, L., Shang, J., Pelton, T., & Pelton, L. (2020). Supporting primary students' learning of fraction conceptual knowledge through digital games. *Journal of Computer Assisted Learning, 36*(4), 540-548.
- Zhang, M., Trussell, R. P., Gallegos, B., & Asam, R. R. (2015). Using Math Apps for Improving Student Learning: An Exploratory Study in an Inclusive Fourth Grade Classroom. *TechTrends, 59*(2), 32-39.

7. Bilaga

Tabell 1 : Sammanfattning av källor

Författare, Titel, År, Land, Databas, Länk	Syfte	Urval	Resultat
<p>Brezovszky, B., McMullen, J., Veermans, K., Hannula-Sormunen, M. M., Rodríguez-Aflecht, G., Pongsakdi, N., Laakkonen, E., & Lehtinen, E. <i>Effects of a mathematics game-based learning environment on primary school students' adaptive number knowledge</i>. 2019. Finland. Libsearch (https://www-sciencedirect-com.proxy.mau.se/science/article/pii/S0360131518302471?via%3Dihub)</p>	<p>Syftet med studien var att undersöka effekterna av 10-veckors reguljär undervisning, berikat med lärande genom Number Navigation Game (NNG), på elevers adaptiva taluppfattning, aritmetiska flyt och pre-algebraiska kunskaper. Syftet var även att undersöka förhållandet mellan prestationer i spelet och det matematiska lärandet.</p> <p>Två forskningsfrågor:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hur påverkar träning med NNG elevers adaptiva taluppfattning, aritmetiska flyt och pre-algebraiska kunskaper i olika årskurser? 2. Påverkar elevers prestation i NNG utvecklingen av det matematiska lärandet? 	<p>Kvantitativ studie. 1168 elever i årskurs 4-6 i Finland. 642 elever i experimentgruppen, 526 i kontrollgruppen. Förttest genomfördes. Studien genomfördes under 10 veckor, och integrerades i den ordinarie matematikundervisningen. Målet var att experimentgruppen skulle spela NNG i sammanlagt 10 h, med 3 speltillfällen per vecka, minimum 30 min per tillfälle. Till sist genomfördes ett eftertest.</p>	<p>Resultatet visade att experimentgruppen presterade bättre när det gäller adaptiv taluppfattning och aritmetiskt flyt. Inga signifikanta skillnader gällande pre-algebraisk kunskap.</p> <p>Elever som fick mycket tid till att spela NNG också drog fördel av det, baserat på resultatet av eftertestet. Eleverna kunde koppla det matematiska innehållet i spelet till andra kontexter.</p> <p>En begränsning i studien är att den genomfördes på stor skala med många inblandade lärare som fick stor frihet i hur de skulle lägga upp undervisningen. Det var inga strikta regler utformade utan lärarna fick riktlinjer att förhålla sig till.</p>

<p>Callaghan, M. N & Reich, S. M <i>Are Educational Preschool Apps Designed to Teach? An Analysis of the App Market</i> 2015. USA Libsearch (Scopus) edsec.2-52.0-85051485308 (https://doi.org/10.1080/17439884.2018.1498355)</p>	<p>Det finns år av utvecklingsforskning kring nyckelelement för undervisningen men lite forskning har undersökt om sådana element finns i utbildningsapparna. Denna studie undersöker de mest populära pedagogiska förskoleapparna på marknaden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hur utformas populära förskoleappar för matematik och läskunnighet? • Ansluter deras designfunktioner till evidensbaserad undervisningsmetod? 	<p>Förskoleåldern Grunderna i matematiken. Appar som är utformade för att undervisa.</p> <p>10 bästa (premium apparna och 10 gratisapparna. (Apple Store, Android-appar. Amazon- och Google Play-butiker Apparna kategoriserades av App-butiker “pedagogiska” spel för spelare “under 5 år” Endast spel som bedömdes vara korrekta och inkorrekta inkluderades) Totalt 171 appar</p>	<p>(Att lära av ett lekfullt spel, + anpassningsfunktioner som appar kan erbjuda, ex anpassa innehåll att utmana eller hjälpa utifrån den enskilda elevens nuvarande kunskap och förmåga)</p> <p>(Bristfälliga instruktioner där elever får lära sig spelets mål genom att försöka och göra fel. visar på vikten av instruktioner för att skapa lärande för eleverna)</p> <p>Modellering finns i mycket liten utsträckning med i apparna</p> <p>Det finns appar som upprepar eller omformulerar frågan om eleven gör en “för lång” paus, men det kan vara problem för de som inte kommer ihåg instruktionerna</p> <p>Återkoppling, positiv feedback är vanligast då de klarar uppgiften och kommer vidare. Eleverna får sällan förklaringar till varför det blev fel eller hur de kan gå vidare i sitt tänkande</p>
<p>Cayton-Hodges, G. A. Feng, G & Pan, X <i>Tablet-Based Math Assessment: What Can We Learn from Math Apps?</i> 2015 ERIC EJ1070069 (https://web-ebsearch.proxy.mau.se/ehost/pdfviewer/pdfview)</p>	<p>Detta är en sammanfattning av appar som används i matematikundervisningen. (Det är en del av ett forskningsprojekt, Cognitively Based Assessment of, for, and as Learning (CBAL) som ska vara till hjälp vid tillverkning av ett innovativt K-12 bedömningssystem)</p>	<p>Använder endast appar från: Apple App Store (populärast, fler recensioner) (Testar 16 av 64 appar)</p> <p>4-5 grade students</p> <p>1. Kvaliteten på det matematiska innehållet. 2. Feedback och utformningen</p>	<p>Många av apparna har brister i att representera noggrannhet och matematikinnehållets rikedom (begrepp och operationer).</p> <p>Flesta apparna ser ut som spel, klara av olika matematiska problem för att samla poäng och klara olika spel mål.</p>

<p>wer?vid=4&sid=67d74a16-8f76-4858-92d8-b1590e3ea4fd%40sdcv-sessmgr01)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentera vad eleverna har uppnått • Hjälpa att identifiera hur man ska planera instruktioner, lektioner. • Ge en värdefull pedagogisk upplevelse <p>Feedback och scaffolding?!!</p> <p>Förstå designprinciperna och teknikerna som används i matematikappar.</p>	<p>3. Interaktioner 4. Anpassningsbarhet</p>	<p>(Rekommendationer till forskare och utvärderingsutvecklare)</p>
<p>Changa, M., Evans, M. A., Kim, S., Norton, A. & Samur, Y. <i>Differential Effects of Learning Games on Mathematics Proficiency</i> 2015, USA ERIC. EJ1053706 (https://eric.ed.gov/?q=Math*+apps&pr=on&id=EJ1053706)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • I vilken utsträckning kan ett pedagogiskt spel förbättra matematiken och grundskolestudenters skicklighet, efter att ha beaktat tidigare matematikkunskapsnivå? • I vilken utsträckning kan ett pedagogiskt spel visa olika effekter för studenter från olika kompetensnivåer? <p>Utvidga forskningen inom området, ge unik information till forskningsområdet.</p> <p>Identifiera olika kontextuella effekter som kan påverka spelarnas upplevelse av spelet.</p> <p>Förbättringar i matematiska</p>	<p>en experimentell design genomfördes, analyserades och jämförde effekterna av ett inlärningspel (på matematikförmågan) The Math App</p> <p>306 middle grade students in low-performing (slumpmässig tilldelningsenhet), landsbygdsskolor (Virginia) 3 skolor undersöktes (sixth-seventh-eighth-grade) Indelade i behandlingsgrupper/kontrollgrupper i olika förmånsgrupper.</p>	<p>Inlärningspel kan påverka matematikens skicklighet - > förbättra elevernas attityder till matematik.</p> <p>Sammantaget visade eleverna som spelade (The Math App) förbättrade matematikprestanda jämfört med dem som använde papper och penna.</p> <p>Lågpresterande eleverna i undersökningen gynnas mer av användningen av spelet i jämförelse med höga och medelpresterande.</p>

	<p>skickligheter till följd av pedagogiska spel, appar?</p> <p>Utforskning av förbättringar av elevernas matematiska kunskaper efter användning av lärande spel, appar.</p> <p>Utvärdera lärandet i sin egen app, The Math App.</p> <p>Undersöka och avgöra vilka elever som drar mest nytta av spelet (hög-, låg- eller "normal" presterande elever)</p>		
<p>Gresalfi, M.S., Rittle-Johnson, B., Loehr, A., & Nichols, I.</p> <p><i>Design Matters: Explorations of Content and Design in Fraction Games.</i></p> <p>2018. USA.</p> <p>ERIC</p> <p>(http://dx.doi.org.proxy.mau.se/10.1007/s11423-017-9557-7)</p>	<p>Syftet är att undersöka om vissa typer av digitala spel med fokus på bråk stödjer lärandet och engagemanget, och hur de i så fall gör det. Studien fokuserar två olika sätt att designa digitala spel och jämför dem. Det ena sättet är appar med en mer "spel-liknande" design, där användaren får utforska ett matematiskt innehåll med hjälp av ett "roligt" spel. Det andra sättet är spel som mer liknar ett digitalt arbetsblad, där eleven får fylla i rätt svar på olika uppgifter. Tre frågor formulerades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lärande: Påverkar en apps design (mer "spel-lik" eller lik ett arbetsblad) vad elever lär sig, när det bedöms med hjälp av papper- och penna-uppgifter? 2. Uppmärksamhet: Påverkar en apps design vad elever 	<p>95 elever från två skolor och sju klasser i årskurs 3. Appar valdes från Apples app store och delades upp i "spel" och "arbetsblad". Två appar från spel-kategorin och tre appar från arbetsblads-kategorin. Studien genomfördes under en vecka och innefattade tre dagars arbete med sammanlagt tre timmars data insamlat. Ett pretest och posttest genomfördes. Eleverna delades in i mindre grupper i varje klassrum som fokuserade antingen på "spel" eller "arbetsblad". Intervjuer genomfördes med 23 elever, och visst videomaterial samlades in.</p>	<p>Resultatet visade att elever som använt spel-liknande appar jämfört med de som använde arbetsblads-liknande appar presterade liknande resultat på eftertestet, som genomfördes med papper och penna. Detta trots att läraren inte hjälpte eleverna att överföra kunskapen från apparna till mer traditionella bedömningsuppgifter. Eleverna upptäckte själva det matematiska innehållet i spelen. Gällande den tredje forskningsfrågan så upplevde eleverna att "spelapparna" var roligare och när de fick fri tid att använda vilken app som helst så valde alla en "spelapp".</p> <p>Författarna påpekar att studien är begränsad i termer av omfattning och varaktighet, men menar på att det kan vara viktiga resultat som läggs</p>

	<p>märker om den, specifikt om de kan identifiera vad det är som det är tänkt att de ska lära sig?</p> <p>3. Nöje: Påverkar en apps design elevers njutning av den och vilja att spela mer?</p>		<p>grunden för en längre studie inom området.</p> <p>Appar som är mer spel-liknande kan vara att föredra framför appar liknande arbetsblad, eftersom de påverkar motivationen positivt och är roligare att använda. Författarna menar även att spelen kan implementeras bättre genom att läraren lyfter fram det matematiska innehållet i en efterföljande lektion.</p>
<p>Hung, C-Y., Sun, J. C-Y., & Yu, P-T. <i>The benefits of a challenge: student motivation and flow experience in tablet-PC-game-based learning</i>. 2015. Taiwan. Libsearch (https://www-tandfonline-com.proxy.mau.se/doi/full/10.1080/10494820.2014.997248)</p>	<p>Studiens syfte är att testa hur ett utmanande jämfört med ett matchande spel främjar elevers prestation och känsla av flow. Matchande spel definieras som ett spel där eleven matchar korrekta svar och väljer korrekt föremål baserat på en lista med möjliga svar. Forskarna trodde att båda spelen skulle få eleverna involverade, koncentrerade och främja lärandet. Tre forskningsfrågor formulerades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Finns det någon skillnad i lärande mellan elever som spelar utmanande spel jämfört med matchande spel? 2. Finns det skillnader i elevers motivation, känsla av flow och elevers upplevda tillfredsställelse baserat på om de spelade utmanande eller matchande spel? 	<p>Använde appen Motion Math: Hungry Fish, som har nivåer/svårighetsgrad från 1-18. Efter en pilotstudie med elever i årskurs 2 kom forskarna fram till att nivå 1-6 är matchande spel (kontrollgrupp) och nivå 7-14 är utmanande (experimentgrupp). Studien inkluderade 52 elever i årskurs 2 från Taiwan, hälften i kontrollgruppen och andra hälften i experimentgruppen. Upplägget var att eleverna fick en traditionell lektion på 60 min om innehållet som skulle mätas (addition och subtraktion). Sedan fick de ett förtest och en enkät att svara på. Efteråt fick eleverna spela de olika typerna av spel under en lektion på 40 min, för att sedan svara på en enkät och genomföra ett eftertest.</p>	<p>Det utmanande spelet fick genomgående bättre resultat på det som mättes. Elever i experimentgruppen visade högre prestation, flow och tillfredsställelse jämfört med kontrollgruppen. Forskarna menar att eleverna spelade de utmanande spelen visade hög nivå av motivation och ville slutföra sina uppgifter. De upplevde även att tiden gick fortare och hade en känsla av nöjdhet, något som tyder på att de var i flow. Under studien hjälpte den undervisande läraren de elever som bad om det med hjälp av scaffolding, vilket författarna menar är viktigt att få del av för att inte förlora känslan av flow.</p> <p>Nackdelar med studien: få deltagare, begränsad studietid, ett spel, ingen kontrollgrupp.</p>

	<p>3. Påverkar typen av spel (matchande eller utmanande) inflytandet av självförmågan för vetenskap och teknik på känslan av flow i surfplattespel-baserat lärande?</p>	<p>Statistisk analys av testerna.</p>	
<p>Outhwaite, L. A., Faulder, M., Gulliford A. & Pitchford, N. J. <i>Raising Early Achievement in Math with Interactive Apps: A Randomized Control Trial</i> 2019, England. ERIC. EJ1205220 (https://eric.ed.gov/?q=Math*+apps&pr=on&id=EJ1205220)</p>	<p>Hur kan man höja prestandan av matematik och stärka de matematiska grunderna hos eleverna?</p> <p>Att introducera matematikappar. Hur man använder matematikappar, skillnaden mellan lärarlett eller sidan om.</p> <p>(Man förutspådde att användningen av apparna skulle öka matematikförståelse när de genomfördes av lärare, utöver vanliga matematiska aktiviteter.)</p>	<p>389 children aged 4 –5 years. Utöver vanliga matematiska aktiviteter / Lärlarledda övningar.</p> <p>Kontroll sker med undervisning på olika sätt i tre olika grupper för att kunna urskilja de olika resultaten.</p>	<p>Sammanfattningsvis visade denna artikel på att användningen av matteappar är en effektiv form som stärker lärandet på flera plan i de tidiga åldrarna (4-5 år), för att bygga stabila grundkunskaper tidigt hos barnen</p> <p>Viktigt är att apparna är välutformade med väl förankrade innehåll som lätt kan integreras i klassrummen för att leverera effektiv matteundervisning.</p> <ul style="list-style-type: none"> • För alla barns olika förmåsnivåer • Utan att ställa ytterligare tidskrävande krav på lärarna. • Utvecklingen av grundläggande matematisk fakta och begrepp • Matematiska förmågor på högre nivå • Matematiska resonemang • Problemlösning kan stödjas.

<p>Pitchford, N. J. & Outhwaite, L. A. <i>Secondary Benefits to Attentional Processing Through Intervention With an Interactive Maths App</i> 2019 http://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.02633/full</p>	<p>Gör barn mer framsteg med matematikappen (grupp 1-behandling) jämfört med de icke-matematiska app (placebo i grupp 2) eller standardmatematik (grupp 3-kontroll)?</p> <p>Är vinster inom domängenerell kognitiv kompetens var kopplade till eller oberoende av inlärningsvinsterna i matematik?</p> <p>(Framhäva potentialen för pedagogiska pekskärsapplikationer för att stödja utvecklingen av matematisk kunskap.)</p> <p>Ett alternativ för att alla barn ska få möjligheten till kvalitativ matematikinläring när det finns stora pedagogiska utmaningar (brist på lärarkompetens)</p>	<p>Malawi</p> <p>Elever med särskilda utbildningsbehov</p>	<p>Appanvändningen stödjer betydande och oberoende vinster i matematiken och visuell uppmärksamhet. Interaktiva, pedagogiska appar av hög kvalitet, specialdesignade appar (för pekskärsbedömning) är bra för visuell uppmärksamhet, korttidsminne, arbetsminne, rumslig intelligens, manuell bearbetningshastighet och manuell samordning. Två testgrupper 1 (app-användare) gjorde större vinster i matematiklärandet än grupp 2 (inte app-användare och grupp 3 (kontrollgrupp) lika resultat som grupp 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> - liknande skillnad i visuell uppmärksamhet. - inga gruppskillnader för korttidsminnet eller manuell bearbetningshastighet. <p>Resultaten visade inget signifikant samband mellan vinster i visuell uppmärksamhet och matematik. Sekundära fördelar i koncentrationsförmåga hos appanvändare. Kollektiv evidensbas antyder att appbaserat lärande kan förbättra matematiska färdigheter - kan vara en livskraftig lösning för att hantera den globala inlärningskrisen. (Samma app (Malawi) har visat samma nytta för barn med särskilda utbildningsbehov)</p>
---	---	--	---

<p>Volk, M., Cotic, M., Zajc, M., & Starcic, A. I. <i>Tablet-based cross-curricular maths vs. traditional maths classroom practice for higher-order learning outcomes</i>. 2017. Slovenien. ERC (https://www-sciencedirect-com.proxy.mau.se/science/article/pii/S0360131517301409?via%3Dihub)</p>	<p>Syftet är att undersöka hur surfplattor påverkar det komplexa och processuella tänkandet hos elever med hjälp av ämnesöverskridande matematikaktiviteter. Tre frågor formulerades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vilken effekt har ämnesöverskridande matteundervisning med hjälp av surfplattor på elevers begrepps-, methods- och problemlösningsförmåga jämfört med elever som blivit undervisade på ett traditionellt sätt utan tekniska hjälpmedel? 2. Hur stöttar surfplattors utmärkande ergonomiska drag elevers lärande i de kognitiva, socio-emotionella och psykomotoriska domänerna? 3. Hur stöttar surfplattors utmärkande ergonomiska drag elevers lärande genom att växla mellan Bruners (1966) tre steg på konkret, visuell och abstrakt nivå? 	<p>Kvantitativ och kvalitativ studie. 124 tredjeklassare inkluderas i experimentgruppen, 135 st i kontrollgruppen. Alla genomförde ett förtest för att säkerställa att grupperna hade liknande kunskaper. Studien pågick under 7 månader, under ledning av ordinarie lärare. Observationer av forskarna gjordes totalt under 12 heldagar. Tre olika appar användes under studien. Ett eftertest genomfördes som avslutande del av studien. Statistiska metoder användes för att analysera datan.</p>	<p>Resultatet visar att experimentgruppen fick statistiskt signifikant högre resultat på uppgifter där problemlösnings- och metodförmågan mättes. Resultatet visade även att elevers engagemang ökade och att surfplattorna hade en positiv inverkan på ergonomin, eftersom eleverna kunde sitta med dem på ett mer bekvämt sätt jämfört med att endast sitta på stolen med penna och papper. Elever i experimentgruppen kunde lättare växla mellan konkreta, visuella och abstrakta representationer i matematiken.</p> <p>Författarna menar att studien kunde inkludera ännu fler elever för att få mer tyngd bakom siffrorna.</p>
<p>Zhang, M., Trussell, R. P., Gallegos, B., & Asam, R. R. <i>Using Math Apps for Improving Student Learning: An Exploratory Study in an Inclusive Fourth Grade Classroom</i>.</p>	<p>Mycket lite forskning finns om matteappars effektivitet (då, 2015). Syftet är att fylla på med kunskap inom området. Forskningsfrågan är: Kan utvalda matteappar förbättra elevers lärande, speciellt för elever i svårigheter?</p>	<p>18 fjärdeklassare med liten vana av att arbeta med iPads. Fyra personer med någon funktionsnedsättning, Sex personer med riskbeteende, antingen beteende eller lågpresterande. Använde 3</p>	<p>Resultatet visade att matteapparna förbättrade elevernas resultat, och de som var lågpresterande minskade gapet till övriga. Det som är bra med appar är att man kan använda dem i sin egen takt, de ger</p>

<p>2015. USA. ERIC (http://dx.doi.org.proxy.mau.se/10.1007/s11528-015-0837-y)</p>		<p>matteappar under en månads tid på fyra lektioner, 80-90 minuter per lektion. Förtest och eftertest genomfördes inför och efter varje lektion med liknande problem som de tränade på i apparna.</p>	<p>omedelbar feedback och komplexa problem kan brytas ner i små steg.</p> <p>Författarna menar att apparna måste vara väldesignade för att stimulera lärandet.</p> <p>Författarna menar också att studien inkluderar relativt få personer och en kort tidsperiod, och därmed förmodligen inte kan generaliseras till en större population. De efterlyser fler studier om matteappars effektivitet.</p>
<p>Zhang, L., Shang, J., Pelton, T., & Pelton, L. <i>Supporting primary students' learning of fraction conceptual knowledge through digital games.</i> 2020. Kina. Libsearch (https://onlinelibrary-wiley-com.proxy.mau.se/doi/full/10.1111/jcal.12422)</p>	<p>Syftet är att undersöka om bråkspel hjälper lärandet. Studien fokuserar det tidiga lärandet om bråk, begreppsförmågan och implementering av app-baserat lärande i klassrummet. Tre hypoteser formulerades: Hypotes 1 - Experimentgruppen presterar bättre än kontrollgruppen på eftertestet. Hypotes 2- Experimentgruppen presterar bättre än kontrollgruppen på ett transfertest, designat för att mäta förståelsen av storlek. Hypotes 3 - Grupp A presterar annorlunda jämfört med grupp B på transfertestet.</p>	<p>Två liknande klasser i årskurs 3 blev slumpmässigt utvalda till experimentgrupp och kontrollgrupp. Experimentgruppen fick blandad undervisning, halva tiden (20 min) med traditionell undervisning, halva med att spela bråkspel på iPad. Grupp A inom experimentgruppen spelade ett visst typ av spel, grupp B ett annat. Spelet i grupp A uppmärksammade storleken på bråk, grupp Bs spel uppmärksammade del av helheten. Kontrollgruppen fick traditionell undervisning. Alla elever genomförde ett pretest, posttest och transfertest baserat på standardiserade test i Kina.</p>	<p>Spelens design och funktion kan förbättra elevers motivation, engagemang och förståelse för bråk.</p> <p>Hypotes 1 och 3 förkastades, hypotes 2 fick preliminärt stöd, då resultatet är osäkert eftersom inget transfertest genomfördes före studiens påbörjan.</p> <p>Inga signifikanta skillnader noterades mellan grupperna när det gäller pretest och posttest. Författarna menar dock att eftersom experimentgruppen spenderade halva tiden med mattespel indikerar att elever tillägnar sig kunskap genom spelen och att bråkspel kan förbättra elevers begreppsförmåga. Resultatet från transfertestet visade på skillnader. Experimentgruppen presterade bättre vilken kan tyda på att de har fått</p>

			<p>bättre förståelse för storlek på bråk.</p> <p>Apparna kan hjälpa elever få en relationell förståelse för bråk, genom att de kan visualisera bråken på ett bättre sätt än genom traditionell undervisning.</p> <p>Författarna pekar även på att motivationen kan förbättras med hjälp av spel och att matteångest kan lindras eftersom spelen låter eleverna genomföra många försök på ett problem, och därmed inte behöver oroa sig för att göra fel.</p>
--	--	--	--