



Kunnskapssenter  
for utdanning

Universitetet i Stavanger



## **Bruk av digital teknologi i matematikk- og naturfagundervisning:**

En rapport basert på systematiske  
kunnskapsoversikter og primærstudier

Sanna Forsström og Morten Njå



Kunnskapssenter  
for utdanning

---

Universitetet i Stavanger

© Kunnskapssenteret 2024

Distribusjon: Kunnskapssenter for utdanning,  
Universitetet i Stavanger  
4036 STAVANGER

<https://www.uis.no/nb/kunnskapssenter>  
Tlf: 51 83 00 00

Foto: Getty Images.

Referanse Nr. KSU 4/2024  
ISBN 978-82-8439-296-7

PUBLISERT: Oktober 2024

## Innhold

1	Innledning .....	5
1.1	Begrepsavklaringer .....	5
1.1.1	Digital teknologi .....	5
1.1.2	Kunnskapsoversikter og primærstudier .....	5
1.2	Sentrale momenter .....	6
2	Matematikk .....	7
2.1	Et fagområde mellom tradisjonelle og transformerende praksiser .....	7
2.2	Programmering og robotikk .....	9
2.2.1	Kunnskapsoversikt over elevers læringsutbytte og læringsprosesser ved bruk av robotikk .....	9
2.2.2	Studier om robotikk, programmering og læringsprosesser i matematikk .....	10
2.2.3	Nordisk kontekst .....	11
2.3	Programvare, applikasjoner og digitale spill .....	12
2.3.1	Metaanalyser om effekten av digitale verktøy i matematikk .....	13
2.3.2	Bruk av digitale spill i matematikk .....	14
2.3.3	Elevsentrerte, utforskende og samarbeidende tilnærminger til læring gjennom bruk av apper og spill .....	14
2.3.4	Nordisk kontekst .....	16
2.4	Andre utvalgte studier innen matematikk .....	18
2.4.1	Digitale fortellinger som metode .....	18
2.4.2	Bruk av utvidet virkelighet i matematikk .....	18
2.4.3	Digital vurdering .....	19
3	Naturfag .....	21
3.1	Digital teknologi og eksperimenter .....	21
3.1.1	Bruk av utvidet virkelighet i naturfag .....	21
3.1.2	Bruk av simuleringer og animasjoner .....	23
3.1.3	Nordisk kontekst .....	24
3.2	Digitale enheter og applikasjoner i naturfag .....	26
3.2.1	Bruk av smarttelefoner og nettbrett .....	26
3.2.2	Nordisk kontekst .....	27

3.3 Andre utvalgte studier innen naturfag .....	27
3.3.1. Robotikk og programmering .....	27
3.3.2 Sosiale medier .....	28
3.3.3 Digital vurdering .....	29
4 Oppsummering .....	31
4.1 Refleksjoner om teknologibruk i fagene .....	31
4.1.1 Matematikk .....	31
4.1.2 Naturfag .....	32
4.1.3 Sammenligning av fagområdene .....	32
4.2 Samspillet mellom lærere, elever og teknologi .....	33
Tematisk oversikt: Naturfag .....	34
Referanser .....	36
Kunnskapsoversikter .....	36
Primærstudier .....	39
Vedlegg .....	50
Metode .....	50
Søkestenger .....	51

# 1 Innledning

Denne rapporten bygger videre på rapporten **Digitalisering i grunnopplæring: Kunnskap, trender og framtidig kunnskapsbehov** (GrunnDig: Munthe et al., 2022). GrunnDig kartla digitalisering i grunnopplæringen ved å analysere systematiske kunnskapsoversikter. Rapporten belyste bruk av digitale verktøy, ressurser og læremidler, og pekte på muligheter og utfordringer knyttet til digitalisering i undervisning. GrunnDig konkluderte med at digitale læremidler generelt har en positiv effekt på læring, men at det er behov for en nyansert diskusjon om pedagogiske metoder og læringsprosesser. Spesielt er dynamikken mellom lærere, elever og teknologi viktig. Rapporten understreket også potensialet til digitale verktøy for individualisert læring, men advarte mot at det kan gå på bekostning av den kollektive læringsprosessen.

Mens GrunnDig ga en oversikt over systematiske kunnskapsoversikter som dekket de fleste fagområder i grunnopplæringen, går denne rapporten dypere inn i både systematiske kunnskapsoversikter og primærstudier med mål om å utforske læringsprosesser og relasjoner i matematikk- og naturfagsklasserom. GrunnDig pekte på betydningen av digitale ferdigheter som en integrert del av LK20, og den generelt positive effekten av digitale ressurser på elevers motivasjon og læring. Denne rapporten utdyper disse funnene gjennom en undersøkelse av de komplekse aspektene ved implementering av digital teknologi i undervisningen i de to ovennevnte fagene. Målet med rapporten er å gi et nyansert bilde av hvordan digital teknologi kan integreres i matematikk- og naturfagsundervisningen på måter som fremmer læring og engasjement, med fokus på å identifisere vellykkede pedagogiske praksiser og læringsprosesser.

Analysen startet med systematiske kunnskapsoversikter fra GrunnDig-rapporten og nyere oversikter gjennom manuelle søk. I tillegg ble det søkt etter primærstudier. Under screeningprosessen ble studier som fokuserte på læringsprosesser i matematikk eller naturfag på barne-, ungdoms- eller videregående skole inkludert, med kriteriet at de måtte beskrive og diskutere læringsprosessen med digital teknologi. Kun publiserte, fagfelle-vurderte tidsskriftartikler ble inkludert (se vedlegget for mer informasjon om metode).

## 1.1 Begrepsavklaringer

### 1.1.1 Digital teknologi

I denne rapporten brukes begrepet **digital teknologi** overordnet. I norsk sammenheng brukes ofte begrepene digitale ressurser, digitale verktøy og digitale læremidler, som blir koblet opp mot en-til-en løsninger. Vi har ikke koblet disse begrepene kategorisk opp mot funnene i studiene, da dette krever en dyptgående analyse. Videre forholder vi oss ikke til eksplisitte læringsteoretiske modeller da dette også ville medført en komplisert analyse.

### 1.1.2 Kunnskapsoversikter og primærstudier

En **systematisk kunnskapsoversikt** er et resultat av en systematisk kunnskapsoppsummering som identifiserer, vurderer, selekterer, organiserer og syntetiserer forskning som er relevant for et bestemt forskningsspørsmål. En kunnskapsoppsummering er en syntese av **primærstudier**, og det er flere former for slike. En **metaanalyse** er en systematisk kunnskapsoversikt som bruker statistiske metoder for å sammenstille resultatene fra en rekke studier om samme problemstilling. En **metasyntese** er en systematisk kunnskapsoversikt som bruker kvalitative metoder for å sammenstille resultatene fra en rekke studier om samme problemstilling eller fenomen.

## 1.2 Sentrale momenter

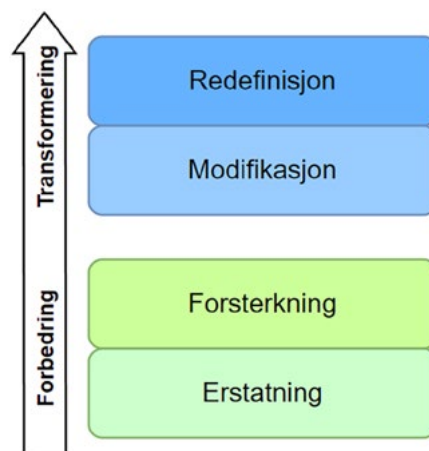
Matematikk	Naturfag
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bruk av robotikk og programmering i matematikkundervisningen kan fremme mer aktive, utforskende og samarbeidsorienterte læringsprosesser. Lærers rolle som veileder, samt elevsamarbeid og praktisk bruk av matematikk gjennom digital teknologi er nøkkelfaktorer for vellykket implementering.</li><li>• Digitale verktøy kan ha en positiv effekt på elevers matematikkprestasjoner sammenlignet med tradisjonell undervisning. De tilbyr interaktive læringsopplevelser som fremmer forståelse gjennom simulering og modellering.</li><li>• Digitale læringsspill kan gjøre matematikkundervisningen mer engasjerende og interaktiv. Lærers får rollen som veileder, og samarbeid mellom elever fremmes. utfordringer inkluderer å balansere lek og læring.</li><li>• Vellykkede læringsprosesser med digitale applikasjoner kjennetegnes av aktiv utforskning, eksperimentering og samarbeid. Læreren fungerer som tilrettelegger mens elevene fordyper seg i konsepter og samhandler med hverandre.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utvidet virkelighet (AR/VR) og animasjoner kan visualisere abstrakte konsepter, gi trygg utforskning av komplekse fenomener og tilby virtuelle eksperimenter. Dette kan øke engasjement og forståelse. utfordringer inkluderer høye kostnader og behov for læreropplæring.</li><li>• Lærers veiledning og tilrettelegging støttet av digital teknologi, fremmer elevers læringsprosesser i naturfag. Veiledet bruk av teknologi kan forbedre faglig forståelse og evne til å lære.</li><li>• Smarttelefoner og nettbrett kan fremme dypere forståelse og engasjement, spesielt for elever med læringsvansker. utfordringer inkluderer behov for kontinuerlig tilpasning av pedagogisk praksis.</li><li>• Robotikk kan stimulere kreativitet og problemløsningsevner gjennom praktisk anvendelse av vitenskapelige konsepter. utfordringer er behov for læreropplæring og ressurser.</li><li>• Sosiale medier brukes aktivt av elever for å søke vitenskapsbasert informasjon. Det er behov for å integrere mediekritikk og kritisk tenkning i undervisningen.</li></ul>

## 2 Matematikk

Matematikkfaget har tradisjoner med lærerstyrt tilnærming med en vektlegging av abstrakt kunnskap og prosedyrer. Med innføringen av digital teknologi har det imidlertid blitt åpnet opp for muligheter som kan gjøre læringsprosesser mer elevstyrte gjennom å legge til rette for utforskende, problemløsende og samarbeidende læringsformer. I denne sammenhengen kan digital teknologi benyttes til å erstatte tradisjonelle verktøy, eller den kan brukes til å forsterke læringen ved å legge til funksjoner som forbedrer eller forenkler oppgaver. Videre i denne delen av rapporten ønsker vi å diskutere læringsprosesser ved bruk av forskjellige typer digitale verktøy, ressurser og læremidler i matematikkundervisning. Vi vil utforske hva som kjennetegner en vellykket læringsprosess, og hvilke trekk som er sentrale i de ulike relasjonene i klasserommet - mellom lærer og elev, elev og elev, samt elev og teknologi. Lærerroller, elevroller og teknologiens roller i pedagogiske praksiser vil bli drøftet. For hver teknologikategori vil vi først diskutere funnene fra systematiske kunnskapsoversikter og deretter gå dypere inn i primærstudier om disse temaene.

### 2.1 Et fagområde mellom tradisjonelle og transformerende praksiser

Bray og Tangney (2017) utførte en systematisk kunnskapsoversikt med mål om å analysere og klassifisere typer empiriske intervensjoner og måtene digitale verktøy blir brukt på i forskning relatert til teknologistøttet matematikkundervisning. Deres studie benytter SAMR-modellen (Figur 1) for å klassifisere graden av teknologiadopsjon knyttet til spesifikke oppgaver og arbeidsmåter.



Figur 1. SAMR-modellen.

SAMR-modellen består av to hovedkategorier: **Forbedring** og **Transformering**, hvor hver av disse inneholder to nivåer. På **Erstatningsnivået** fungerer teknologien som en direkte erstatning for en tradisjonell metode, uten noen funksjonell forandring. Et eksempel kan være å bytte fra papirbøker til e-bøker uten ekstra funksjonalitet. **Forsterkningsnivået** tar dette et skritt videre ved å legge til funksjonelle forbedringer. For eksempel kan e-bøker tilby søkefunksjoner og hyperlenker som forbedrer bruken. **Modifikasjonsnivået** endrer derimot hvordan oppgaver tradisjonelt blir utført ved å innføre betydelige teknologiske forbedringer. Dette kan inkludere at studenter bruker teknologi til å lage en digital historiefortelling, noe som forandrer både oppgavens natur og læringsprosessen. **Redefinisjonsnivået** bruker teknologi for å skape helt nye oppgaver som ikke var mulige før. Et eksempel på dette kan være bruk av virtuell eller utvidet virkelighet for å tilby helt nye, interaktive og immersive læringsopplevelser.

Det er ingen tvil om at digital teknologi kan transformere undervisning, men ifølge en systematisk kunnskapsoversikt utført av Bray og Tangney (2017) er det sjelden at en fullstendig pedagogisk transformasjon finner

sted. De trekker frem at digital teknologi i matematikkundervisning hovedsakelig anvendes på et forsterkningsnivå (jf. SAMR-modellen). Bray og Tangney (2017) påpeker at selv med de mulighetene digital teknologi gir, begrenses ofte teknologibruken til å forsterke tradisjonell undervisning. Selv når bruken av digitale verktøy er integrert i undervisningen, benyttes teknologien i stor grad til å erstatte eller forsterke eksisterende pedagogiske praksiser. Eksempler på slike praksiser kan være økt tilgang til læringsressurser eller potensielt mer engasjerende fremstillinger av lærestoffet ved hjelp av digital teknologi. Selv om bruken av eksempelvis digitale læringsplattformer og interaktive øvelser kan øke studentenes deltagelse og engasjement, endrer ikke bruken av de didaktiske metodene som benyttes i matematikk. En slik begrensning av transformativ bruk reiser et kritisk spørsmål til utdanningssektoren: Hvordan kan teknologi ikke bare forbedre, men også transformere matematikkundervisningen til å bli mer elevsentrert og utforskende?

Bray og Tangney (2017) påpeker at selv om mange teknologiske verktøy hovedsakelig forsterker tradisjonell undervisning, finnes det unntak som setter eleven i sentrum. Bruken av simuleringer, programmering og verktøystett representerer en mer elevsentrert tilnærming, i motsetning til tradisjonell undervisning hvor læreren ofte formidler kunnskapen. Disse teknologiene muliggjør en dypere og mer transformerende bruk av teknologi i matematikkundervisningen. Blokkbaserte programmeringsspråk, som Scratch, representerer en redefinisjon av matematikkundervisningen. Scratch er et visuelt programmeringsspråk og en nettbasert plattform som lar brukere lage spill, animasjoner og interaktive historier ved å dra og slippe kodeblokker som representerer programmeringskommandoer. Gjennom programmeringsaktiviteter, ofte organisert i grupper, kan elever engasjere seg i beregnende tenkning og lære matematiske konsepter gjennom å skape og å leke. Slike aktivitetstyper

setter eleven i sentrum som skaper av egen kunnskap, noe som kan motivere og fremme et aktivt og selvstyrt forhold til matematikk. Det understreker behovet for at lærerne ikke bare tar i bruk ny teknologi, men også benytter nye pedagogiske strategier som fremmer dypere læring og elevengasjement.

I bruk av simuleringer og gjennom programmering får elever mulighet til å eksperimentere gjennom å endre variabler og se de umiddelbare effektene av disse endringene, noe som kan fremme dypere forståelse av matematiske konsepter og styrke deres problemløsningsfermer. I problemløsningsoppgaver med bruk av roboter kan man for eksempel gjennom prøving og feiling teste ut kode, hvor robotens bevegelser viser om man har regnet riktig. Selv om programmeringsaktiviteter bidrar til økt elevdeltakelse og kreativitet, og dermed representerer et skritt mot læringsoppgaver hvor teknologien tillater betydelige endringer, påpeker Bray og Tangney (2017) at de fleste digitale verktøy fortsatt benyttes på et forsterkningsnivå. Her bidrar teknologien mer til å støtte eksisterende undervisningspraksiser enn til å radikalt transformere dem.

For å realisere teknologiens transformasjonsmuligheter kreves, ifølge Bray og Tangney (2017), en endring i pedagogisk tilnærming og elevenes læringsopplevelser. Læreres handlinger og overbevisninger spiller en kritisk rolle i denne transformasjonen. Det er et tydelig behov for profesjonell utvikling og systemiske endringer for å oppmuntre og støtte lærere i overgangen fra tradisjonelle metoder til nyskapende, elevsentrerte og teknologiintegre tilnærminger. Disse nye metodene har potensiale til å transformere matematikkfaget til et fag preget av utforskning, modifikasjon og redefinisjon av både læringsoppgaver og undervisningsmetoder.

For at lærere skal kunne bruke robotteknologi effektivt i matematikkundervisningen, trenger de støtte, tid og ressurser til å videreutvikle



seg. Det innebærer muligheter for samarbeid, deling av erfaringer med andre lærere, diskusjoner og tilgang til opplæring og andre relevante ressurser. Skoleledelsen spiller en viktig rolle i å tilrettelegge for samarbeid, erfaringsdeling og pedagogiske diskusjoner blant lærerne. Ved å skape støttestrukturer og avsette tid og ressurser kan ledelsen bidra til å styrke lærernes kompetanse og trygghet i bruk av robotteknologi i matematikkundervisningen. Det vil igjen kunne føre til mer effektiv og hensiktsmessig bruk av teknologien i arbeidet med å fremme elevenes læring og forståelse av matematiske konsepter.

## 2.2 Programmering og robotikk

Programmering er en integrert del av læreplanen i matematikk i norske skoler. Elever får erfaring med grunnleggende programmeringskonsepter og robotteknologi allerede i barneskolen. Ved å benytte programmeringsverktøy som Scratch, eller roboter som Lego Mindstorms og Bee-Bots, kan elevene

oppleve matematikkfaget på måter som fremmer interaktiv og praktisk læring. Denne tilnærmingen hjelper til med å gjøre abstrakte konsepter mer håndgripelige og stimulerer til kreativ problemløsning.

### 2.2.1 Kunnskapsoversikt over elevers læringsutbytte og læringsprosesser ved bruk av robotikk

Zhong og Xia (2020) gjennomførte en systematisk kunnskapsoversikt over hvordan bruk av roboter påvirker elevers læringsutbytte og læringsprosesser i matematikk. Studien indikerer at integrering av robotteknologi i undervisningen kan øke forståelsen av matematiske konsepter, bedre holdninger overfor faget, og utvikle sentrale ferdigheter som problemløsning og matematisk tenkning. Med bruk av roboter kan læringsprosesser bli mer engasjerende og interaktive. Roboter kan tilby praktiske og håndfaste erfaringer som kan gjøre matematikken mer tilgjengelig og forståelig. Tabell 1 fremhever hovedfunn fra denne kunnskapsoversikten.

Tabell 1. Hovedfunn og pedagogiske implikasjoner ved bruk av roboter

Hovedfunn	Pedagogiske implikasjoner
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robotteknologi er hovedsakelig brukt for å undervise om geometri, algebra og grafiske ferdigheter gjennom interaktiv og håndfast læring.</li> <li>• LEGO-roboter er det mest populære valget i de studerte tilfellene.</li> <li>• Studiene involverte et bredt spekter av deltakere, fra barnehagebarn til universitetsstudenter, med et fokus på grunnskole- og ungdomsskoleelever.</li> <li>• Robotassisterende undervisning bidro generelt til bedre forståelse av matematiske konsepter, endringer i holdninger og utvikling av ferdigheter som problemløsning og matematisk tenkning.</li> <li>• Noen studier rapporterte imidlertid ingen signifikante forbedringer i matematikklæring, noe som indikerer behovet for mer omfattende og metodisk strenge undersøkelser.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interaksjon med fysiske roboter fremmer engasjement og hands-on erfaringer, noe som kan bidra til bedre matematikkforståelse.</li> <li>• Bruk av robotteknologi tilbyr en bro mellom abstrakte matematiske konsepter og praktiske, virkelige applikasjoner. I tillegg hjelper det studenter med å se relevansen og bruken av matematikk i det virkelige liv.</li> <li>• Studiene foreslår pedagogiske tilnærminger som å tilpasse robotaktiviteter til korte oppgaver og å sikre at robotbaserte oppgaver er relevante og realistiske.</li> </ul>

Zhong og Xia (2020) antyder at bruk av robotteknologi i matematikkundervisningen kan forbedre læringsprosesser ved å integrere praktiske, interaktive og engasjerende aktiviteter. Slike aktiviteter kan gjøre matematiske konsepter mer tilgjengelige og forståelige for elevene gjennom å skape forbindelser mellom abstrakt matematikk og elevenes hverdagsliv. Det kan også utvikle pedagogiske strategier som støtter effektiv bruk av robotteknologi i læringsmiljøet.

Zhong og Xia (2020) løfter imidlertid frem uklarheter og områder som krever ytterligere forskning. Det er fortsatt uklart i hvilken grad robotassistert undervisning fungerer på et bredt spekter av matematiske emner og aldersgrupper, ettersom mesteparten av forskningen har fokusert på geometri og algebra blant yngre elever. Videre er det behov for mer diskusjon om pedagogiske strategier som kan maksimere robotteknologiens potensiale i matematikkundervisningen. En utfordring som må adresseres, er hvordan lærere best kan implementere disse teknologiene i klasserommet for å forbedre matematikklæringen.

### **2.2.2 Studier om robotikk, programmering og læringsprosesser i matematikk**

De følgende primærstudiene diskuterer hvordan bruk av roboter og programmering kan legge grunnlaget for utforskende læringsprosesser hvor elevene får mulighet til å være kreative, samt forbedre kritisk tenkning og problemløsningsevner gjennom praktisk anvendelse av matematikk. Studiene indikerer at integrasjon av robotikk og programmering i matematikkundervisningen kan støtte elevers læringsprosesser, dersom de blir brukt effektivt til å styrke matematikklæring og tverrfaglige ferdigheter.

Alsoliman (2022) påpeker at virtuelle robotikkplattformer gir studenter muligheten til å utforske og manipulere roboter i et digitalt miljø. Denne tilnærmingen kan være spesielt nyttig i matematikkundervisning og tilbyr

konkrete eksempler på abstrakte konsepter. Det kan gjøre matematikklæringen mer interaktiv og engasjerende og gir en ny tilnærming til å utforske matematiske problemstillinger og løsninger gjennom programmering og robotkontroll (Alsoliman, 2022).

I vellykkede læringsprosesser med roboter fungerer roboter og programmeringsverktøy som verktøy for å engasjere elevene gjennom praktisk utforskning av matematiske konsepter, og teknologien muliggjør en mer aktiv, utforskende og problembasert tilnærming til læring (Alsoliman, 2022; Hadi & Symons, 2021). Vellykkede læringsprosesser krever at abstrakte matematiske begreper knyttes til konkrete praktiske oppgaver, noe som kan bidra til en dypere forståelse av matematikken som et integrert verktøy for problemløsning. Programmeringsverktøy som Scratch kan gjennom oppgaver bidra til både memorering og økt grunnleggende forståelse. Samtidig fremmer det mer abstrakt tenkning, der logikk, resonnement og kreativitet er nødvendig for å løse oppgavene, tilnærme seg problemer og utvikle løsninger (Falloon, 2016). Elevene kan engasjere seg med programmeringsverktøy for å utforske matematiske konsepter gjennom eksperimentering, problemløsning og lekbaserte læringsaktiviteter (Humble, 2022). Videre, ifølge Hadi og Symons (2021) og Nemiro (2021), kan bruk av robotikk påvirke utvikling av kreativitet, kritisk tenkning og samarbeidsevner hos elevene.

Studier viser at elever ofte arbeider i grupper når de jobber med robot- og programmeringsoppgaver (Calder, 2018; Forsström, 2019; Nemiro, 2021; Humble, 2022;). I slike grupper må elevene kommunisere, dele ideer og komme frem til felles løsninger. Et slikt samarbeid kan fostre en dypere forståelse av matematiske konsepter og programmeringsferdigheter (Calder, 2018; Forsström, 2019; Muñoz et al., 2020; Nemiro, 2021).

Det er imidlertid ikke en selvfølge at bruk av roboter og programmering fører til gode læringsprosesser. En utfordring er at det kan være vanskelig for lærere å tilpasse programmeringsaktiviteter til elevenes ulike ferdighetsnivåer (Humble, 2022). En slik tilpasning krever at lærerne har tilstrekkelig kunnskap om både programmering og pedagogikk. Slik kan lærerne skreddersy oppgavene og støtte elevene på en hensiktsmessig måte. Videre kan elevene utforske oppgavene selv og koble dem til matematikkfaget.

En annen utfordring er at fokuset på læring av programmering kan overskygge dybdelæring (Malik & Coldwell-Neilson, 2017). For å fremme dypere forståelse er det viktig at undervisningen legger vekt på problemløsningsstrategier og kreativ tenkning, ikke bare på tekniske ferdigheter. Tid og ressurser kan også være en utfordring ved implementering av programmering i matematikkundervisningen.

I møte med slike utfordringer har lærerne en sentral rolle, hvor effektive læringsprosesser forutsetter at læreren fungerer som en veileder og tilrettelegger. Gjennom robot- og programmeringsaktiviteter støtter læreren elevenes læring ved å stille spørsmål og legge til rette for refleksjon og diskusjon om matematiske konsepter (Forsström & Afdal, 2020; García-Carrillo et al., 2021; Shahmoradi et al., 2023). Det bidrar til å fremme et samarbeidsmiljø hvor både lærer og elev lærer sammen. Humble (2022) forklarer at gjennom programmeringsaktiviteter, kan lærerne bli bevisste på at de ikke bare underviser, men at de også oppdager programmeringens muligheter sammen med elevene. Det inkluderer utforskning, hvor lærere og elever sammen opplever gleden av å skape og å manipulere programmer. Slik samarbeidslæring kan motivere elever og gi dem en følelse av autonomi og mestring, samtidig som læringen hjelper lærerne til å bedre forstå teknologiens potensial og begrensninger i en pedagogisk kontekst. Videre tilpasser læreren verktøyene

til elevenes ferdighetsnivå og overvåker deres fremgang, noe som forsterker lærerens rolle som veileder i læringsprosessen.

For å realisere læringspotensialet med programmering trenger lærere tilstrekkelig tid og ressurser til å utvikle sin egen kompetanse og til å planlegge og gjennomføre meningsfulle programmeringsaktiviteter (Humble, 2022). Skolene må også ha tilgang til nødvendig utstyr og programvare.

### 2.2.3 Nordisk kontekst

#### Matematikk og robotikk

I to norske studier av henholdsvis Forsström (2019) og Forsström og Afdal (2020) løftes utfordringer knyttet til integrering av programmering og roboter i matematikk. Studiene beskriver læringsprosesser hvor elevene brukte matematiske verktøy i problemløsningsoppgaver og reflekterte over bruk av matematikk med roboter. Studiene tar også for seg situasjoner hvor elevene programmerte roboter uten å anvende matematikk. Forskningen fokuserer på en gruppe bestående av tre elever på 8. trinn. Læreren stilte spørsmål og var aktiv og samhandlende gjennom hele prosessen. I oppstarten bidro læreren med å få elevene i gang og hjelpe dem med å planlegge prosjekter som inneholdt matematikk. Lærerens engasjement var spesielt viktig da elevene skulle reflektere over hva de hadde gjort, og hvilken rolle matematikken spilte i prosessen.

I utgangspunktet var aktivitetene elevstyrte, og oppgaven gikk ut på å programmere en Lego Mindstorm-robot til å navigere en bane. Elevene hadde kreative ideer, men klarte ikke å realisere dem på grunn av manglende programmeringsferdigheter. Læreren var ikke i stand til å bistå elevene, da han ikke var involvert i planleggingsfasen av elevenes prosjekt. Neste oppgave var å programmere roboten til å kjøre i en sirkel, og også denne gangen var oppgaven svært elevstyrt. Elevene startet med å løse problemet gjennom prøving og

feiling, i stedet for en systematisk matematisk fremgangsmåte. Denne gangen involverte læreren seg mer i prosessen og stilte spørsmål til elevene allerede i planleggingsfasen. Spørsmålene var relaterte til matematikk, og takket være disse ble elevene mer bevisste på matematikkens rolle i prosessen. De ble ivrige etter å bruke matematikk for å løse problemet. Læreren veiledet elevene fra å bruke prøving og feiling til en mer systematisk bruk av matematiske verktøy i prosessen. Dermed var aktiviteten verken direkte elevstyrt eller lærerstyrt, men et sted imellom. Lærers aktive rolle var sentral i denne læringsprosessen, hvor elevene brukte matematiske verktøy aktivt i sine problemløsningsprosjekter.

#### Lærers erfaringer av integrering av programmering i matematikkundervisning i Sverige

I en studie av Humble (2022) ble integreringen av programmering i K-12-matematikk og teknologi i Sverige undersøkt. Studien fokuserte på lærers bruk og opplevde nytte av programmeringsverktøy i undervisnings- og læringsaktiviteter. Gjennom fokusgruppeintervjuer med 21 lærere fra tre forskjellige skoler delte de sine erfaringer og utfordringer med å integrere programmering i undervisningen. Basert på disse intervjuene ble flere nøkkelkomponenter for vellykkede læringsprosesser med programmering identifisert:

- Bruk av varierte programmeringsverktøy, inkludert både blokkbaserte og tekstbaserte språk, gjør det mulig for lærere å tilby et bredt spekter av læringsmuligheter som er tilpasset ulike læringsstiler og pedagogiske mål. Dette bidrar til å opprettholde elevengasjement og til å støtte forskjellige måter å lære på.
- Fremheving av oppdagelse og spill i læringsaktiviteter, som bruk av programmeringsverktøy i spill-lignende kontekster, bidrar til økt motivasjon og engasjement blant elevene. Dette gjør læringsprosessen mer interessant og relevant, spesielt når den

kombineres med kjente temaer som Disney-figurene i undervisningen av geometri.

- Tilpasning til individuelle læringsbehov er en avgjørende faktor. Verktøy som «code.org» tillater lærere å justere vanskelighetsgraden på oppgaver, noe som gjør det mulig å skreddersy oppgaver etter elevenes evner og sikre at alle elever blir utfordret på riktig nivå.
- Lærernes evne til å kontrollere og overvåke elevers progresjon gjennom programmeringsaktiviteter er viktig. Verktøy som gir lærere mulighet til å følge med på elevers fremskritt og engasjement i sanntid, som «code.org», bidrar til en mer strukturert og målbar læringsprosess.
- Fremme frihet gjennom avansert bruk av tekstbasert programmering er nødvendig for å utvikle dypere forståelse og selvstendighet blant elever. Dette trinnet er viktig for elever som er klare til å utforske mer komplekse programmeringskonsepter etter å ha mestret grunnleggende ferdigheter.

### 2.3 Programvare, applikasjoner og digitale spill

I dette delavsnittet ser vi nærmere på bruk av programvare i matematikkundervisningen. I matematikkundervisning brukes ofte såkalt dynamisk geometriprogramvare (DGS). Det er programvare hvor geometriske figurer enkelt kan konstrueres, manipuleres, måles og testes. Programvare gjør det mulig for brukere å utforske ulike aspekter ved geometri (f.eks. Prosjektiv geometri, euklidisk geometri, analytisk geometri og koordinatgeometri) ved å dra og slippe elementer på skjermen, noe som opprettholder de geometriske egenskapene til figurene selv under transformasjon. DGS erstatter tradisjonelle tegne- og måleverktøy som pinner, linjaler og passer, og tilbyr en interaktiv læringsopplevelse som fremmer forståelse av matematiske konsepter og forhold gjennom simulering og modellering i et digitalt

læringsmiljø. Moderne DGS-verktøy inkluderer også datamatematiske funksjoner, slik som å behandle algebraiske uttrykk, og støtter en rekke undervisningsmetoder, fra lærerstyrte demonstrasjoner til elevsentrert utforskning og oppdagelse. GeoGebra er et eksempel på DGS som er mye brukt i norske skoler.

### **2.3.1 Metaanalyser om effekten av digitale verktøy i matematikk**

Vi har her inkludert flere metaanalyser som diskuterer effekten av digitale verktøy i matematikkundervisning på ulike skolenivåer, fra grunnskolen til videregående skole. Her presenterer vi sentrale funn fra disse.

Chang og Leung (2014) evaluerte om undervisning basert på dynamisk geometriprogramvare (DGS) forbedrer matematikkprestasjoner i grunnskoleutdanning og i videregående utdanning (K-12) sammenlignet med tradisjonell undervisning med blyant og linjal. Resultatene viste at undervisning som bruker DGS har en signifikant positiv effekt på elevers prestasjoner i matematikk, med en sterk effektstørrelse som indikerte en betydelig forbedring i matematiske ferdigheter sammenlignet med tradisjonell undervisning. En undergruppeanalyse avslørte at DGS var spesielt effektivt for grunnskoleelever og i korte undervisningsperioder på inntil to uker. Disse funnene understreker verdien av DGS som et verktøy for å forbedre matematikkprestasjoner blant elever. Denne metaanalysen identifiserte to hovedtyper av pedagogiske tilnærminger i studiene de undersøkte: En lærersentrert tilnærming hvor elever hovedsakelig observerer lærerens demonstrasjon og forklaring, og en elevsentrert tilnærming som oppmuntrer elevene til aktiv utforskning og oppdagelse av matematiske konsepter, enten individuelt eller i samarbeid med andre. De fleste av de inkluderte studiene i metaanalysen benyttet seg av DGS i en tilretteleggerrolle for læreren, hvor læreren primært støttet elevene gjennom prosessen med utforskning og eksperimentering. Kun én studie rapporterte lærerens rolle

som instruktør, der DGS ble brukt for å forklare eller demonstrere matematiske konsepter.

Cheung og Slavin (2013) undersøkte i sin metaanalyse om bruken av pedagogisk programvare forbedrer matematikkprestasjoner i grunnskolen og i den videregående skolen (K-12) sammenlignet med tradisjonelle undervisningsmetoder. Metaanalysen avslørte at ulike former for utdanningsteknologi bidrar til varierende grad av forbedring i matematikkprestasjoner blant K-12-elever. Blant slik programvare utmerker tilleggs-CAI (datastøttet instruksjon) seg med den mest betydelige positive effekten. Tilleggs-CAI tilbyr ekstrainstruksjon basert på elevens behov for å komplementere den tradisjonelle undervisningen. Disse programmene tilbyr ofte øvelser, veiledning og tilbakemelding knyttet til spesifikke ferdigheter. Datamaskinstyrt læring (CML), derimot, handler om bruk av datateknologi for å evaluere studenters ferdighetsnivåer, tildele tilpasset læringsmateriale og overvåke deres progresjon. Selv om CML spiller en viktig rolle i å administrere læringsprosessen, viste den en mer moderat forbedring i matematikkprestasjoner. Videre sikter programmer som kombinerer datamaskinassistert instruksjon med andre pedagogiske aktiviteter, som lærerledet undervisning og samarbeidslæring, mot en integrert tilnærming til matematikkundervisning. Disse programmene, som ser teknologi som en integrert del av et bredere pedagogisk opplegg, hadde også en moderat effekt.

Donnelly-Hermosillo et al. (2020) analyserte gjennom en metaanalyse effekten av instruksjon støttet av grafteknologier på K-12-elevers læring, inkludert forskjeller mellom instruksjon med og uten bruk av digital teknologi. Basert på resultatene har bruken av grafteknologier i K-12-undervisningen i naturfag og matematikk vist seg å ha en positiv innvirkning på elevers læring. En slik positiv påvirkning inkluderer også bruk av simuleringsprogrammer og nettbaserte verktøy for å illustrere mate-

matriske konsepter som funksjoner. Et eksempel på en teknologi som er omtalt i studien er programvare for simuleringer. Hvor elevene kan utforske klimaendringer, befolkningsvekst eller tektoniske platebevegelser med hjelp av matematikk. Andre eksempler på nevnte teknologier er nettbaserte grafverktøy og sensorer som temperaturmåler.

Metaanalysen fra Juandi et al. (2021) fokuserte på effekten av bruk av GeoGebra på matematikkferdigheter hos elever. Resultatene viste at bruk av GeoGebra hadde en betydelig positiv effekt på elevenes matematiske evner. Denne metaanalysen viser en stor effektstørrelse hvor elevene som lærte med GeoGebra i gjennomsnitt presterte bedre enn elevene som lærte gjennom tradisjonelle metoder. Videre ble det funnet at GeoGebra var mer effektiv ved bruk i klasserom med tilstrekkelig antall datamaskiner til individuell bruk, og når intervensjonen var fire uker eller mindre.

Oppsummert viser disse metaanalysene at bruk av digitale verktøy, som DGP, i matematikkundervisningen på forskjellige skolenivåer fører til forbedringer i elevers matematikkprestasjoner målt opp mot prestasjonene fra tradisjonell undervisning. Disse verktøyene tilbyr interaktive læringsopplevelser som fremmer forståelsen av matematiske konsepter gjennom simulering og modellering, med spesielt positive resultater i kortere undervisningsperioder. Funnene viser varierte pedagogiske tilnærminger og teknologiens rolle som en drivkraft i læringsprosessen.

### **2.3.2 Bruk av digitale spill i matematikk**

I en systematisk kunnskapsoversikt utført av Pan et al. (2022) utforskes det hvordan læringsspill bidrar til matematikkundervisning i K-12. Studien identifiserer en økende bruk av læringsspill på tvers av matematiske fag og trinn, spesielt i grunnskolen. Studien understreker betydningen av å designe og integrere matematikkinnhold i spill slik at læring skjer

naturlig gjennom spilllets mekanikker. Spillet tilbyr kontekstualiserte problemløsninger og intuitive konseptrepresentasjoner. Positive effekter på elevers matematikkprestasjoner og motivasjon rapporteres. Basert på resultatene har spillbasert læring potensiale til å gjøre matematikkundervisningen mer engasjerende og interaktiv.

Det er flere primærstudier inkludert i denne rapporten som fokuserer på integrering av digitale teknologier og spillbasert læring i matematikkundervisning på barneskolen, og som fremhever positive effekter på elevers læring, motivasjon og ferdighetsutvikling. Fokides (2018) viser hvordan lærerens rolle transformeres fra tradisjonell instruktør til en veileder og samarbeidspartner gjennom bruk av digitale spill. Det understreker et skifte fra lærerstyrte metoder til en mer elevsentrert og utforskende tilnærming. Hill (2015) og Puig et al. (2022) belyser viktigheten av lærer-elev-relasjonen, hvor læreren veileder elevene gjennom læringsprosessen og tilrettelegger for engasjement og forståelse av læringsmålene gjennom spillbaserte digitale aktiviteter. Samarbeid mellom elever, understreket av Hill (2015) og Puig et al. (2022), viser hvordan elevene arbeider sammen i ulike roller for å designe og bygge i spill, noe som fremmer teamarbeid og peer-læring. Denne interaksjonen med digitale teknologier, som Minecraft, skaper immersive og interaktive læringsmiljøer hvor elever anvender digitale ferdigheter og utforsker matematiske konsepter gjennom kreativ bruk, eksempelvis design og koding.

### **2.3.3 Elevsentrerte, utforskende og samarbeidende tilnærminger til læring gjennom bruk av apper og spill**

For å oppnå en dypere forståelse av læringsprosessen har vi undersøkt primærstudier som omhandler bruken av ulike applikasjoner og programvarer i matematikkundervisning. Gjennom denne analysen har vi identifisert karakteristikkene ved vellykkede læringsprosesser ved bruk av matematiske applikasjo-

ner. Studiene avdekker flere sentrale temaer knyttet til de ulike relasjonene og rollene som kommer i spill når elever arbeider med digitale applikasjoner eller programvarer i matematikk.

Selve læringsprosessen kjennetegnes av aktiv utforskning, eksperimentering og oppdagelse med teknologi, der samarbeidssamtaler som sammenligner strategier og løsninger er avgjørende (Trigueros et al., 2020). Læreren leder denne prosessen med fleksibilitet og fremmer refleksjon, mens tilpasning til de utfordringene teknologien presenterer er en integrert del av læringsopplevelsen (Petersson, 2022).

Matematikkoppgavene benytter digitale verktøy for dynamisk visualisering og interaksjon med konsepter, og de er ofte åpne og tillater kreativitet i problemløsning og bruk av digitale verktøy og ulike løsningsveier (Glasnović et al., 2022).

En av de mest sentrale relasjonene, ifølge dypere analyse av relasjoner i vellykket læringsprosess ved bruk av matematiske applikasjoner, er den mellom lærer og elev. Denne relasjonen preges av at læreren tilpasser seg til uventede utfordringer, fremmer rike diskusjoner, gir tilbakemeldinger og stimulerer refleksjon rundt matematiske konsepter (Trigueros et al., 2020). Det oppstår en dynamisk interaksjon hvor læreren tilrettelegger for teknologibruk, overvåker progresjon, tilbyr tilbakemelding og griper inn ved behov. Elevene derimot engasjerer seg aktivt i sin egen læringsprosess gjennom dialog med læreren (Yildiz & Gokcek, 2018).

Relasjonen mellom elevene er også sentral og kjennetegnes av samarbeid gjennom gruppearbeid med delte digitale oppgaver og diskusjoner (Gutierrez-Santos et al., 2017). Det legger til rette for en sammenligning av strategier og løsninger for å forsterke forståelsen, en prosess som blir forsterket av de interaktive egenskapene til digitale matematikkmiljøer (Bozkurt & Ruthven, 2018).

Videre er relasjonen mellom elev og digital teknologi sentral. Den karakteriseres av at teknologien muliggjør dynamisk utforskning og interaksjon med matematiske konsepter, for eksempel gjennom visuelle representasjoner som forsterker forståelsen (Yildiz & Gokcek, 2018). Teknologiintegrasjonen gjør matematikken mer engasjerende og forståelig. Den tilbyr konsepter som blir levende og tilgjengelige, og hvor elevene aktivt konstruerer kunnskap (Yildiz & Gokcek, 2018). Relasjonen mellom elev og matematikk påvirkes også av teknologiens og oppgavens evne til å gå dypere i den konseptuelle forståelsen. Digitale verktøy gjør matematikken mer engasjerende, tilgjengelig og relevant (Radović et al., 2020). Radović et al. (2020) fremhever at elevenes engasjement og prestasjoner forbedres når de opplever teknologien som en integrert del av læringsprosessen, og ikke bare som et supplement.

Det oppstår imidlertid visse motsetninger og nyanser i studiene angående bruk av digital teknologi i matematikkundervisning sammenlignet med mer tradisjonelle undervisningsmetoder. Glasnović et al. (2022) påpeker at selv om digitale oppgaver byr på muligheter for dynamisk og interaktiv læring, blir dette potensialet ofte ikke fullt utnyttet. Mange av de digitale oppgavene som ble evaluerte, beholdt et tradisjonelt fokus på lukkede svar, uten å utnytte de mulighetene for interaktivitet, dynamikk og personalisering av læring som teknologien tilbyr.

Videre beskriver Yildiz og Gokcek (2018) en lærers utviklingsprosess fra tradisjonell pedagogikk til en tilnærming som omfavner teknologiforsterket undervisning, noe som tyder på at overgangen til teknologibasert undervisning kan være gradvis og kreve tilpasning og læring fra lærerens side. Trigueros et al. (2020) diskuterer hvordan digital teknologi kan introdusere uventede utfordringer for både lærere og elever, som krever fleksibilitet og tilpasning. Trigueros antyder at selv om

teknologien tilbyr mange fordeler, kan den også skape situasjoner som utfordrer grensene for tradisjonell undervisning.

Disse funnene antyder at integreringen av digital teknologi i matematikkundervisningen ikke er en lineær prosess. Det kan oppstå utfordringer knyttet til å utnytte teknologiens fulle potensial, som kan kreve betydelig tilpasning og læring fra både lærere og elever. Samtidig utfordrer teknologien tradisjonelle undervisningsmetoder og roller, og åpner for mer elevsentrerte, utforskende og samarbeidende tilnærminger til læring. Vellykket integrering av teknologi synes å kreve en bevisst innsats for å bevege seg bort fra tradisjonelle metoder og mot å utnytte de unike mulighetene teknologien tilbyr for å fremme dyptgående, engasjerende matematikklæring.

#### **2.3.4 Nordisk kontekst**

##### **Lærerens rolle i teknologiintegrasjon**

I en dansk studie fremhever Misfeldt og Zacho (2016) viktigheten av åpne prosjekter og lærerens rolle i å tilrettelegge for teknologi-integrerte scenarier som fremmer kreativitet, innovasjon, og selvstendig læring. Denne tilnærmingen motiverer til utforskning, hypoteseformulering, og oppdagelse av matematiske sammenhenger i virkelighetsnære scenarier. Selv om studien fokuserer mest på lærernes utviklingsprosess, underbygger den forståelsen av at en vellykket læringsprosess for elevene involverer aktiv deltakelse, engasjement og en dypere forståelse av matematikk som er oppnådd gjennom praktisk anvendelse og kreativ utforskning ved hjelp av teknologi. Studien fokuserer på hvordan lærere kan ta i bruk digitale verktøy som GeoGebra, sammen med nettstedet som Google Sites, for å skape læringsmiljøer som fremmer kreativitet og innovasjon blant elever.

Studien antyder at vellykkede læringsprosesser for elevene innebærer engasjement i aktiviteter hvor de får utforske og anvende matematikk på kreative måter, som gjennom

design og spill, ved bruk av digitale verktøy. For at en læringsprosess skal anses som vellykket, indikerte studien at det ikke bare er viktig at elevene utvikler tekniske ferdigheter i bruk av digitale verktøy, men også at de får muligheten til å anvende matematikk på innovative måter som går utover tradisjonell læring hvor elevene lærer gjennom gjentatte memorering av informasjon uten nødvendigvis å forstå underliggende konsepter eller sammenhenger. Dette inkluderer å fremme elevens kreative tenkning, problemløsningsevner og samarbeid gjennom prosjektbasert læring.

I dette prosjektet ble GeoGebra brukt som et sentralt verktøy, ikke bare for å utforske matematiske konsepter, men også som et middel til spilldesign. Dette ble gjort ved å involvere elevene i å designe egne spill basert på matematiske prinsipper de lærte gjennom GeoGebra. Elevene arbeidet med å utvikle spill som både var underholdende og utdannende, og brukte matematikken de lærte til å sette opp spilleregler, beregne poeng og utforme spillbrett. For eksempel kunne et spill kreve at spillerne konstruerer geometriske figurer for å løse visse problemer eller utfordringer i spillet.

Lærernes rolle i denne prosessen var å legge til rette for og guide elevenes arbeid med GeoGebra og spilldesign. De sikret at teknologien ble brukt på en måte som støttet elevenes læring og kreativitet. Dette innebar også at lærerne selv måtte bli dyktigere i å bruke GeoGebra og forstå hvordan det kunne integreres effektivt i matematikkundervisningen. Utfordringene som studien presenterer, inkluderer lærernes behov for kontinuerlig faglig utvikling og tilpasning til nye teknologiske verktøy og metoder. Det kreves en betydelig innsats fra skoleledelser og utdanningssystemet for å tilrettelegge for og støtte lærernes overgang til en mer teknologi-integrert undervisningsform. Denne overgangen innebærer også en kulturell endring hvor lærernes roller endres fra å være informasjonsformidlere til å bli aktive



utforskere som designer læringsopplevelser sammen med sine elever.

Oppsummert viser Misfeldt og Zacho (2016) at en vellykket integrasjon av teknologi i matematikkundervisningen ikke bare forbedrer elevers læring og engasjement, men også beriker den pedagogiske praksisen, stimulerer lærerens profesjonelle vekst og fremmer en kultur av kontinuerlig innovasjon og samarbeid i skolen.

#### **Integrering av digital teknologi i matematikk på svenske videregående skoler (Viberg et al., 2023)**

Viberg et al. (2023) undersøkte integrasjonen av digitale teknologier i matematikkundervisningen ved svenske videregående skoler, med fokus på bruken av MathAid. Dette er et digitalt verktøy som støtter elevers selvstudier og gir teoretiske forklaringer, eksempler, samt læringsoppgaver med løsninger og hint som veileder gjennom matematiske problemstillinger. MathAid inneholder også funksjoner som tillater lærere å overvåke elevers progresjon på individ- og klassenivå, noe som potensielt kan gi lærere kunnskap som kan brukes til å tilpasse undervisningen etter elevers behov.

Til tross for MathAids kapasitet til å personalisere læringen, avdekket studien signifikante utfordringer med å realisere dette potensialet. Det største hinderet var lærernes manglende aktive bruk og forståelse av verktøyet, noe som begrenset deres evne til effektivt å veilede og integrere teknologien i undervisningen. Dette resulterte i at studentene ofte måtte navigere verktøyet på egen hånd, uten tilstrekkelig pedagogisk støtte til å utnytte MathAids pedagogiske muligheter.

Selv om enkelte elever opplevde appen som en nyttig og overlegen kilde til matematisk forståelse sammenlignet med tradisjonelle lærebøker, opplevde mange utfordringer med å anvende teknologien effektivt. Disse utfordringene kan delvis tilskrives lærernes begrensede engasjement og anvendelse av teknologien. Lærernes rolle var avgjørende

for suksessen til teknologiintegrasjonen, men mange lærere utnyttet ikke appens funksjoner aktivt i undervisningen eller tilbød tilstrekkelig veiledning og støtte i bruken av den, noe som forhindret en optimal læringsopplevelse.

Sosiale relasjoner og interaksjon i klasserommet ble også påvirket av bruken av MathAid. Studien fant at teknologi ofte ble brukt individuelt uten å fremme mye samarbeid eller diskusjon blant elevene, noe som kan være en barriere for dypere læring og engasjement. Mangel på integrert bruk av teknologi i klasseromsaktiviteter førte til at mange studenter følte seg isolerte i sin læringsprosess.

En av de største utfordringene identifisert i studien var behovet for en strukturert og forskningsbasert tilnærming til bruk av teknologi. Dette inkluderte å utvikle en bedre forståelse av hvordan teknologi kan støtte pedagogiske mål og forbedre interaksjonen mellom lærer og elev. Lærerne trengte å anerkjenne at selv om elever kan være teknisk dyktige, innebærer effektiv bruk av teknologi i læringsammenheng en integrasjon av pedagogikk, faginnhold og teknologisk kompetanse.

Til tross for de mange utfordringene som ble avdekket, understreket studien også det potensialet som ligger i digital teknologi for å forbedre matematikkundervisningen. Imidlertid krever realiseringen av dette potensialet dyptgående endringer i lærernes pedagogiske tilnærming til bruk av teknologi. Dette innebærer en bevisst og reflektert integrering av teknologiske verktøy som MathAid i det daglige undervisningsarbeidet, hvor lærerne ikke bare må adoptere nye verktøy, men også utvikle en metodikk som omfavner teknologiens muligheter for å tilpasse og berike læringen. En slik tilnærming krever at lærere aktivt utforsker og utnytter teknologiens funksjoner for å støtte individuell læring og klassens samlede fremgang. Det innebærer også at lærere må være bevisste på hvordan teknologi kan integreres sømløst i både planlegging og gjennomføring

av undervisningen, slik at det blir en naturlig og forsterkende del av læringsmiljøet. Dette kan bidra til en mer dynamisk og tilpasset læringsopplevelse som engasjerer elever og møter deres individuelle læringsbehov mer effektivt.

## 2.4 Andre utvalgte studier innen matematikk

### 2.4.1 Digitale fortellinger som metode

Aqazade (2022) undersøkte hvordan interaktive elementer i en elektronisk matematikkfortelling kan bidra til å løse kognitive konflikter knyttet til forståelsen av negative tall hos elever. Studien er basert på en fortelling om temperatur, og er ment å fremheve og løse den vanlige kognitive konflikten elever opplever når de forholder seg til absoluttverdi av tall i stedet for deres faktiske verdi. Ved å bruke interaktive versjoner av fortellingen fokuserte forskningen på tre femteklassinger, som hver engasjerte seg med forskjellige versjoner av boken – en kontrollversjon, en med interaktivt språk og en med interaktivt visuelt innhold.

Resultatene viste at alle tre elever dro nytte av fortellingen, men på forskjellige måter avhengig av hvilken versjon av fortellingen de brukte. Lola, som arbeidet med den interaktive språkversjonen, viste mest fremgang og brukte matematisk språk oftere i sine gjenfortellinger. Harry, som hadde kontrollversjonen, beskrev de matematiske ideene fra fortellingen mer nøyaktig enn de andre i sine gjenfortellinger. Claire, som engasjerte seg med den interaktive visuelle versjonen, gjorde ikke stor fremgang på grunn av misforståelser knyttet til språket brukt i spørsmålene om tallverdier. Studien indikerer at bruk av kognitive konflikter kan

legge til rette for læring og bidrar til forskning på interaktive matematiske fortellinger ved å utforske fordelene og begrensningene ved slike pedagogiske verktøy. Kognitiv konflikt i Aqazade (2022) refererer til en læringsituasjon der studenter møter motsetninger mellom deres eksisterende kunnskap og ny informasjon. For eksempel tror studenter ofte feilaktig at større absolutte negative tall er større i verdi fordi de er lengre fra null. Studien illustrerer hvordan interaktive elementer i en digital matematikkfortelling kan spille en nøkkelrolle i å løse elevers kognitive konflikter om negative tall, ved å tilby tilpassede læringsopplevelser som fremmer individuell refleksjon og forståelse. Fortellingen utsetter elever for situasjoner der de må tenke over og rette opp deres feiloppfatninger om heltall. Gjennom fortellingen blir elever oppfordret til å tenke på at selv om et negativt tall har en større absolutt verdi (størrelsen på tallet uten tegn), så indikerer den negative verdien at det faktisk er mindre i forhold til null på en tallinje. I fortellingen hjelper visuelle hjelpemidler som termometre elevene til å visualisere og forstå at  $-6$  er nærmere starten av tallinjen enn  $-2$ , og derfor et mindre tall.

Dette underbygger betydningen av å integrere teknologi og fortellinger i matematikkundervisning for å skape engasjerende og effektive læringsmiljøer.

### 2.4.2 Bruk av utvidet virkelighet i matematikk

Ajit et al. (2021) rapporterte i sin systematiske kunnskapsoppsummering om fordeler og utfordringer ved bruk av AR i STEM-undervisning, som presenteres i Tabell 2 under.

Tabell 2. Fordeler og utfordringer med bruk av AR i matematikk

Fordeler	Utfordringer
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bidrag til elever:</b> AR-teknologi bidrar til visualisering av abstrakte konsepter, noe som gjør læringsprosessen mer tilgjengelig og engasjerende for elevene.</li> <li>• <b>Forbedring av læringsutbytte:</b> AR stimulerer læringsprestasjoner og fremmer dyptgående forståelse av komplekse konsepter.</li> <li>• <b>Fremming av interaksjon gjennom AR:</b> Oppmuntrer til elevsentrert læring og øker interaktiviteten i læringsprosessen.</li> <li>• <b>Økt brukervennlighet og engasjement:</b> AR-teknologien beriker læringsopplevelser, øker studentenes engasjement og forbedrer forståelsen av vitenskapelige og matematiske prinsipper.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tekniske problemer:</b> Blant annet markørgjenkjenning og stabilitet i AR-applikasjoner, som krever videre teknologisk utvikling og tilpasning.</li> <li>• <b>Brukervennlighet relatert til ergonomi og praktisk bruk:</b> Utfordringer med å gjøre AR-teknologi behagelig og praktisk å bruke over lengre perioder.</li> <li>• <b>Økonomiske hensyn:</b> Anskaffelseskostnader for nødvendig utstyr kan være en barriere for bred implementering i utdanningssektoren.</li> </ul>

### 2.4.3 Digital vurdering

Adeninas et al. (2014) utforsket bruk av et interaktivt, berøringsbasert digitalt verktøy (Multi-Touch Arithmetic Tool: MuTAT), for å fange opp og analysere løsningssteg blant 8 og 9 år gamle grunnskoleelever. Studien fokuserte på hvordan digitale vurderingsmiljøer kan designes for å innhente data om problemløsningsprosesser, noe som igjen kan forbedre vurderings- og tilbakemeldingspraksiser. Forskingen viste at MuTAT ga prestasjonsskårer som var sammenlignbare med tradisjonelle papir-og-blyant-tester, samtidig som den ga mer detaljert informasjon om problemløsningsprosessen, inkludert mellomliggende og endelige svar, samt informasjon om typene strategier og tidsbruk.

Fordelene med det digitale vurderingsverktøyet inkluderte muligheten til å gi rikere og mer detaljerte tilbakemeldinger til studenter ved å analysere deres problemløsningsprosess i dybden. Dette gir lærere og forskere en mer nøyaktig forståelse av studenters konseptforståelse og strategibruk, noe som kan bidra til mer målrettet undervisning og læring.

Imidlertid dokumenterte studien også ulemper med digital vurdering. En tydelig begrensning med verktøyet var at det kun presenterte løsningsstegene horisontalt. Dette kan skape utfordringer for studenter som foretrekker å beregne vertikalt, særlig når det gjelder å overføre tall. I tillegg kunne den ikke-tilfeldige rekkefølgen av MuTAT og papir-og-blyant-testene introdusere bias, selv om dette ikke antas å ha påvirket resultatene betydelig. En annen utfordring var den lille skjermstørrelsen på nettbrettet som ble brukt, som kan begrense interaksjon med objekter på skjermen.

Murchan og Oldham (2017) utforsket potensialet av datamaskinbaserte vurderinger (CBA) for å diagnostisere barns matematiske feil i grunnskolen i Irland. Studien fokuserte på hvordan slike verktøy kan støtte undervisning og læring i matematikk ved å benytte åpenformat spørsmål og tradisjonelle feilanalyse-teknikker, kombinert med CBA-ens muligheter for å muliggjøre automatisert skåring av svar. Resultatene fremhevet det tekniske potensialet for å automatisere diagnostisk skåring av frirespons-elementer og ga innsikt i hvordan digitale verktøy kan anvendes for feilanalyse i

matematikk. Dette tilbyr et nytt perspektiv på utforming, administrasjon, skåring, og tolkning av tester i matematikkundervisningen.

Bruken av digitale verktøy i vurderingen medfører flere fordeler, som raskere tilbakemeldinger til lærere og elever, potensial for mer nøyaktig og detaljert analyse av elevers forståelse og misforståelser, samt muligheten for tilpasset undervisning basert på diagnostiske data. Videre kan automatisering av vurderingsprosesser potensielt frigjøre lærerressurser som kan brukes til direkte pedagogisk støtte. Imidlertid peker studien også på utfordringer og ulemper ved digital vurdering, inkludert risikoen for teknologiske feil, behovet for sikkerhetskopiering av data, og potensielle begrensninger i elevens uttrykksmåter gitt formatet på digitale tester.

## 3 Naturfag

Basert på systematiske kunnskapsoversikter og primærstudier, ser det ut til at forskningen på bruk av digital teknologi i naturfagundervisning i stor grad fokuserer på bruk av simuleringer, visualiseringer og virtuelle eksperimenter. Det finnes også studier som tar for seg bruk av programmering i naturfagundervisningen, samt digital vurdering. Det er viktig å merke seg at vårt litteratursøk ikke har vært uttømmende, og det kan derfor finnes relevant forskning på området som vi ikke har fanget opp. Likevel gir funnene våre indikasjoner på potensialet for bruk av digital teknologi i naturfagundervisning.

### 3.1 Digital teknologi og eksperimenter

Det norske utdanningssystemet vektlegger viktigheten av eksperimentell læring ved å gi skoler tilgang til laboratorier. Her får elevene utforske vitenskapelige konsepter gjennom direkte observasjon og manipulering av materialer, noe som bidrar til dypere forståelse og engasjement i naturfag. Naturfagundervisningen i Norge preges av en praktisk tilnærming der eksperimenter og illustrasjoner står sentralt. Eksperimenter konkretiserer abstrakte teorier og gir praktisk erfaring, mens illustrasjoner visualiserer teorier og fenomener som kan være vanskelige å observere direkte. Eksempler på dette er eksperimenter med kjemiske reaksjoner og elektriske kretser, samt tegninger av biologiske prosesser og grafiske fremstillinger av fysiske krefter. Til tross for en rik tradisjon for bruk av eksperimenter og illustrasjoner, finnes det utfordringer knyttet til denne tilnærmingen. Farlige eksperimenter med giftige kjemikalier eller høye temperaturer begrenser hva som er praktisk og sikkert å utføre i et skolelaboratorium. I tillegg er fenomener knyttet til atomer, verdensrommet og dyphavet vanskelige å illustrere og eksperimentere med på en kon-

kret måte. Dette krever at lærere er kreative og benytter simuleringer eller digitale verktøy for å formidle komplekse eller farlige temaer.

#### 3.1.1 Bruk av utvidet virkelighet i naturfag

Teknologiske løsninger som AR og VR kan tilby interaktive og engasjerende måter å utforske områder på som er vanskelige å illustrere og eksperimentere med i tradisjonell naturfagundervisning. Selv om disse verktøyene ikke alltid kan erstatte direkte fysisk erfaring, kan de bidra til å overkomme praktiske og sikkerhetsmessige begrensninger.

Systematiske kunnskapsoversikter av Alsancak Sirakaya (2020) og Zhang og Wang (2021) viser at AR og VR åpner for nye pedagogiske muligheter. Disse teknologiene tilbyr en mer interaktiv og engasjerende tilnærming til vitenskapelig utforskning og forståelse, sammenlignet med tradisjonelle undervisningsmetoder. Ved å benytte AR og VR kan elever få muligheten til å utforske komplekse fenomener på en trygg og visuelt stimulerende måte. Dette kan bidra til økt motivasjon og dypere forståelse av naturfaglige konsepter som tidligere har vært utfordrende å formidle i klasserommet.

Ifølge Alsancak Sirakaya (2020) kan AR (augmented reality) brukes til å visualisere abstrakte konsepter på en måte som ikke er mulig med konvensjonelle metoder. Et konkret eksempel er at elever kan se molekyler i 3D ved hjelp av AR-briller. Dette gir en dypere forståelse av kjemiske strukturer og reaksjoner sammenlignet med tradisjonelle undervisningsmetoder. AR fremmer også en individualisert læringsopplevelse hvor elever kan utforske og interagere med vitenskapelige fenomener i sitt eget tempo. Dette er spesielt verdifullt med tanke på differensiert undervisning, da det gir mulighet for tilpasning til den enkelte elevs behov og forutsetninger.

Bruk av AR i naturfagundervisningen kan dermed bidra til økt engasjement, dypere forståelse og en mer personlig læringsopplevelse. Dette understreker potensialet som ligger i å integrere innovative teknologiske løsninger i klasserommet for å støtte elevenes læring og utvikling.

Zhang og Wang (2021) ser på hvordan VR (virtual reality) kan benyttes i naturfagundervisningen. Ved hjelp av VR kan elever utføre virtuelle eksperimenter eller dra på virtuelle ekskursjoner til steder som ellers ville vært utilgjengelige. Dette åpner opp for muligheten til å utforske det ytre rom, dyphavets mysterier eller komplekse biologiske systemer uten risiko, og med en grad av detalj som overgår det som er mulig gjennom fysiske modeller eller illustrasjoner. VR tilbyr dermed en unik mulighet til å gi elever førstehåndserfaring med fenomener og miljøer som tidligere har vært vanskelige eller umulige å utforske i klasserommet. Denne teknologien kan bidra til å øke elevenes nysgjerrighet, engasjement og forståelse for naturfaglige temaer ved å tilby en

mer levende og interaktiv læringsopplevelse. Kombinert med funnene til Alsancak Sirakaya (2020) om bruk av AR, viser dette at innovative teknologiske løsninger har et betydelig potensial til å berike naturfagundervisningen. Ved å integrere AR og VR på en hensiktsmessig måte kan lærere skape et mer engasjerende og virkelighetsnært læringsmiljø som fremmer elevenes utforskningstrang og forståelse av komplekse naturfaglige konsepter.

Samtidig peker disse kunnskapsoppsummeringene (Alsancak Sirakaya, 2020; Zhang & Wang, 2021) på utfordringer med å integrere disse teknologiene i undervisning, som tekniske begrensninger, høye kostnader og behovet for omfattende læreropplæring. Imidlertid er det bred enighet om at fordelene - inkludert økt studentengasjement, forbedret forståelse av komplekse konsepter, og tilgang til sikre og skalerbare eksperimentelle miljøer - potensielt kan veie opp for disse utfordringene. Vi har oppsummert fordeler og utfordringer i Tabell 3.

Tabell 3. Fordeler og utfordringer med bruk av AR og VR i naturfag

Fordeler	Utfordringer
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Interaktiv og engasjerende læring:</b> AR og VR tilbyr en mer interaktiv og engasjerende tilnærming til vitenskapelig utforskning og forståelse sammenlignet med tradisjonelle undervisningsmetoder.</li> <li>• <b>Trygg utforskning av komplekse fenomener:</b> Elever kan utforske komplekse fenomener på en trygg og visuelt stimulerende måte ved hjelp av AR og VR.</li> <li>• <b>Visualisering av abstrakte konsepter:</b> AR kan brukes til å visualisere abstrakte konsepter, som molekyler i 3D, på en måte som ikke er mulig med konvensjonelle metoder.</li> <li>• <b>Individualisert læringsopplevelse:</b> AR fremmer en individualisert læringsopplevelse hvor elever kan utforske og interagere med vitenskapelige fenomener i sitt eget tempo.</li> <li>• <b>Virtuelle eksperimenter og ekskursjoner:</b> VR åpner for muligheten til å utføre virtuelle eksperimenter eller dra på virtuelle ekskursjoner til steder som ellers ville vært utilgjengelige.</li> <li>• <b>Økt nysgjerrighet og forståelse:</b> AR og VR kan bidra til å øke elevenes nysgjerrighet, engasjement og forståelse for naturfaglige temaer ved å tilby en mer levende og interaktiv læringsopplevelse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Høye kostnader:</b> Utgifter til AR- og VR-utstyr kan representere en betydelig investering for mange skoler, noe som kan begrense tilgjengeligheten av teknologien.</li> <li>• <b>Tekniske og infrastrukturelle begrensninger:</b> Effektiv implementering av AR og VR krever tilstrekkelig teknisk støtte og infrastruktur på skolene, noe som ikke alltid er tilfellet.</li> <li>• <b>Lærermotstand:</b> Noen lærere kan være motvillige til å ta i bruk nye teknologier på grunn av mangel på opplæring, komfort med tradisjonelle metoder eller frykt for at teknologien skal erstatte deres rolle.</li> <li>• <b>Behov for omfattende læreropplæring:</b> Implementering av AR og VR krever omfattende profesjonell utvikling og opplæring for lærere, noe som er både tid- og kostnadskrevende.</li> <li>• <b>Pedagogisk integrering:</b> Bruken av AR og VR må være pedagogisk fundert og nøye integrert med eksisterende læreplanmål og undervisningspraksiser for å sikre at de faktisk forbedrer læringen.</li> <li>• <b>Potensielle distraksjoner:</b> Hvis ikke bruken av AR og VR er godt planlagt og integrert i undervisningen, kan teknologien potensielt fungere som en distraksjon fremfor å forbedre den vitenskapelige læringsprosessen.</li> </ul>

Integrasjonen av AR og VR i naturfagundervisningen handler ikke bare om å tilføre nye verktøy i klasserommet, men også om å revurdere og tenke nytt om hvordan vitenskap kan læres og forstås. Disse teknologiene gir elever muligheten til å oppleve vitenskap på en direkte og personlig måte, noe som kan inspirere til videre utforskning og potensielle karrierer innen STEM-feltene. For å sikre at teknologien forbedrer, og ikke distraherer fra den vitenskapelige læringsprosessen, kreves det en grundig pedagogisk planlegging og en tydelig integrering med læreplanmål.

Fra et pedagogisk perspektiv understreker Zhang og Wang (2021) behovet for konsistens

i de teoretiske rammene som brukes i undervisningen med VR og AR. Bruken av disse teknologiene må være pedagogisk fundert for å sikre at de faktisk forbedrer læringen og ikke bare fungerer som en nyhet eller distraksjon. Dette innebærer en nøye integrering av teknologien med eksisterende læreplanmål og undervisningspraksiser, noe som kan være en kompleks prosess.

### 3.1.2 Bruk av simuleringer og animasjoner

Teknologiene som er diskutert i primærstudiene her inkluderer AR, datamaskinsimulasjoner og ulike former for digitale representasjoner som animasjoner og interaktive applikasjoner. Bruk av disse teknologiene gir muligheter for

å forvandle tradisjonelle læringsmiljøer til mer dynamiske og engasjerende erfaringer for elever.

Dönmez-Usta og Ültay (2022) undersøkte bruken av AR innen undervisning om vannbehandling. I deres studie brukte fjerdeklas-singer AR-appen Quiver 3D for å designe og visualisere vannrensesystemer. Denne tekno-logien gjorde det mulig for elevene å observere effektiviteten av ulike filtreringsmaterialer i en animert 3D-modell, noe som bidro til en forbedret forståelse av hvordan vitenskapelige prosesser fungerer i praksis. Elevene kunne i sanntid se resultatene av deres designbeslut-ninger når de jobbet med disse modellene, noe som gjorde læringsprosessen både informativ og engasjerende. Lærerenes rolle i denne sammenhengen var å støtte teknologibruken og organisere elever i grupper, noe som fremmet samarbeid og kollektiv problemløsning. Imidlertid rapporterte studien også tekniske utfordringer og behovet for ytterligere veiledning i bruk av AR, noe som påpeker viktigheten av lærerkompetanse ikke bare i det faglige, men også med tanke på teknologisk støtte og veiledning.

Wilkerson-Jerde et al. (2015) tok for seg bruken av tegning, animasjon og datamaskinsimuleringer for å utforske molekylær diffusjon. Elevene startet med å tegne sine forståelser av hvordan lukt-molekyler spredte seg, noe som senere ble transformert til stop-motion animasjoner og videre til mer komplekse datamaskinsimula-sjoner. Denne gradvise økningen i teknologisk kompleksitet mellom disse stegene tillot elev-ene å utforske og revidere sine vitenskapelige modeller, noe som førte til en dypere forståelse og en mer iterativ læringsprosess. Samarbeidet mellom elevene i gruppearbeid hjalp dem å verbalisere og kritisk evaluere både egne og andres vitenskapelige modeller.

I studien til Mukama and Byukusenge (2023) ble det vist hvordan datamaskinsimulasjoner kan brukes til å visualisere kjemiske bindinger

og reaksjoner. Disse simulasjonene, tilgjenge-lik gjennom plattformer som Khan Academy og YouTube, gjorde det mulig for elevene å enga-sjere seg aktivt og interaktivt, noe som førte til en mer dynamisk forståelse av kjemi. Læreren spilte en kritisk rolle som tilrettelegger, hjalp elevene til å overkomme språkbarrierer og tekniske utfordringer, og sikret at simulasio-nene ble integrert på en måte som støttet læringsmålene.

De tre studiene som her er beskrevet gir innsikt i hvordan digitale verktøy kan anvendes i naturfagundervisningen for å fremme inter-aktive læringsopplevelser, engasjement og dybdeforståelse av komplekse vitenskapelige konsepter. Studiene fremhever fordelene ved bruk av teknologi i undervisningen, men avdek-ker også utfordringer som oppstår og hvordan disse kan håndteres. Studiene demonstrerer videre hvordan teknologi kan transformere naturfagundervisningen ved å gjøre den mer engasjerende og tilgjengelig. Imidlertid krever de også en nøye balansert tilnærming hvor lærerenes veiledning og teknologisk støtte er avgjørende for å maksimere læringspotensialet og håndtere de utfordringer som kan oppstå. Denne balansen mellom teknologiintegrasjon og pedagogisk praksis er essensiell for å utnytte de pedagogiske fordelene ved digitale verktøy i undervisningen.

### 3.1.3 Nordisk kontekst

#### **Påvirkningen av digital teknologi på gruppe-læring i naturfag (Engeness, 2020)**

Engeness (2020) undersøkte hvordan lærerenes tilrettelegging av gruppelæring i naturfag ved bruk av digital teknologi kan påvirke elevens evne til å lære å lære. Studien ble gjennomført blant ungdomsskoleelever i Norge, hvor de jobbet med konseptene mitose og meiose. Digital teknologi og nettressursen viten.no ble brukt for å illustrere og forklare disse biologiske prosessene gjennom interaktive animasjoner og oppgaver. Dette tillot elevene å visuelt utforske og forstå komplekse vitenskapelige begreper som ellers kan være utfordrende å formidle.



I læringsprosessen spilte læreren en nøkkelrolle som tilrettelegger ved å strukturere oppgaver, veilede elevene i bruken av digitale verktøy, og fremme produktiv dialog og samarbeid blant elevene. Læreren bidro med å knytte de digitale ressursene til læringsmålene og hjalp elevene med å navigere gjennom komplekse vitenskapelige ideer ved å understreke sammenhenger og kritiske forskjeller mellom konseptene som ble studert.

Samarbeidet mellom elevene var sentralt i studien og ble forsterket gjennom gruppeaktiviteter som oppfordret til diskusjon og felles problemløsning. Gjennom samarbeidet kunne elevene dele kunnskap, utfordre hverandres forståelser og sammen bygge en dypere forståelse av de vitenskapelige prosessene.

Teknologiens rolle var sentral ved at den gjorde vitenskapelige prosesser og konsepter mer tilgjengelige og forståelige for elevene. Animasjoner og interaktive elementer bidro til å visualisere prosesser som mitose og meiose, noe som la grunnlaget for dypere forståelse og engasjement. Ved å integrere teknologi i læringsprosessen kunne læreren tilrettelegge for en mer dynamisk og interaktiv undervisning.

Hovedfunnene i studien viste at lærerens veiledning og tilrettelegging, støttet av digital teknologi, fremmer elevers læringsprosesser. Veiledet bruk av teknologi kan forbedre elevenes faglige forståelse og deres evne til å lære å lære – en kritisk ferdighet i moderne utdanning. Lærerens rolle som en mediator mellom teknologien og elevenes læring var avgjørende for å realisere potensialet i de digitale ressursene, og for å sikre at teknologien ble en integrert del av den pedagogiske prosessen fremfor en distraksjon.

#### **Lærerintervensjon og digitale ressurser i videregående opplæring (Strømme & Furberg, 2015)**

Strømme og Furberg (2015) utforsket lærerintervensjon i skjæringspunktet mellom digitale ressurser, samarbeid mellom elever

og pedagogisk design gjennom en case-studie ved en videregående skole i Oslo. Studien fokuserte på hvordan læreren kan tilrettelegge for elevers læringsprosesser i et datastøttet samarbeidslæringsmiljø (CSCL) innen naturfag.

Teknologien spilte en sentral rolle gjennom bruk av SCY-Lab, et dataprogram som inneholder ulike moduler for læring relatert til vitenskapelige konsepter som energiforsyning og varmetap fra lavenergibygninger. Elevene benyttet et simuleringsverktøy for varmetap for å designe virtuelle modeller av CO<sub>2</sub>-vennlige hus, noe som ga dem praktisk erfaring med vitenskapelige teorier og beregninger.

Læringsprosessen var dynamisk og studentdrevet, der elever aktivt anvendte digitale verktøy til å utforske og beregne varmetap, noe som fremmet en dypere forståelse av fysiske prinsipper og bærekraftig bygningsdesign. Lærerens rolle var avgjørende og mangefasettert. Læreren fungerte som en tilrettelegger ved å gi veiledning og støtte til elevenes samarbeid og forskning, samtidig som han balanserte behovet for å gi direkte informasjon med å oppmuntre til selvstendig bruk av kunnskaper til jevnaldrende.

Samarbeidet mellom elevene var nøye strukturert gjennom en jigsaw-pedagogisk modell (metode for å fremme samarbeid og redusere konkurranse mellom elever), som sikret at hver elev bidro med spesialkunnskap til sitt team, noe som forsterket den kollektive læringsopplevelsen. Denne metodikken tillot elever å bli "eksperter" i spesifikke delområder, som de så måtte lære fra seg til sine gruppekamerater, noe som fremmet både individuell og kollektiv læring.

Teknologiens rolle var å tilrettelegge for en dyptgående utforskning og manipulering av vitenskapelige data, noe som gjorde læringsprosessen mer interaktiv og engasjerende. Dette verktøyet ga også læreren verdifull innsikt i elevers fremgang og forståelse

gjennom sanntidsdata om deres arbeid og beslutninger.

Hovedfunnene indikerte at lærerens intervensjoner var avgjørende for å koble sammen og utnytte de koeksisterende støtteaspektene av samarbeid mellom jevnaldrende, digitale verktøy og pedagogisk design. En av utfordringene som ble dokumentert, var lærerens evne til å balansere støtte på individ- og gruppenivå og lærerens rolle i å rette studentenes oppmerksomhet mot konseptuelle perspektiver. Studien understreket kompleksiteten i å tilrettelegge for studenters utvikling av konseptuell forståelse i teknologi-integrerte læringsmiljøer.

### **Digital teknologi som brobygger i laboratoriearbeid (Furberg, 2016)**

Furberg (2016) undersøkte lærerstøtte i laboratoriearbeid støttet av digital teknologi for å bygge broer mellom lab-eksperimenter (også kalt demoforsøk) i og elevers konseptuelle forståelse. Studien ble gjennomført på videregående skolenivå i Norge, der elever og deres lærer utførte et lab-eksperiment innen genetik, støttet av et digitalt læringsmiljø kalt SCY-Lab. Digital teknologi spilte en sentral rolle i å tilrettelegge for elevenes analyse og rapportering av deres funn fra eksperimentet.

Læringsprosessen var sentrert rundt elever som engasjerte seg i gruppearbeid, med læreren som ga støtte ved behov. Lærerens rolle var avgjørende og innebar å veilede elever gjennom utfordrende konsepter og prosedyrer, korrigere misforståelser og støtte elever i deres problemløsning. Samarbeid mellom elevene ble fremmet gjennom gruppearbeid, hvor de sammen analyserte dataene og formulerte konklusjoner.

Den digitale teknologiens rolle var todelt: Den ga strukturelle rammer gjennom SCY-Lab-miljøet og støttet elevenes refleksjon over vitenskapelige konsepter og metoder. Hovedfunnene fra studien viste at selv om

teknologien bidro til læringsprosessen, var lærerens intervensjoner avgjørende for å koble elevenes praktiske aktiviteter med konseptuell forståelse. Det var utfordrende for elever å knytte de praktiske labprosedyrene mot de underliggende vitenskapelige prinsippene og hadde vanskeligheter med å anvende fagterminologi korrekt i sine analyser.

## **3.2 Digitale enheter og applikasjoner i naturfag**

Studiene som diskuterer en-til-en enheter og applikasjoner knyttet til de demonstrerer muligheter som mobilteknologi tilbyr for naturfagundervisning og fremhever samtidig nødvendigheten av sterk pedagogisk tilrettelegging. Hovedfunnene antyder at å lykkes med teknologiimplementering avhenger sterkt av lærernes kompetanse og hvilke ressurser som er tilgjengelige, så vel som skolens evne til å tilpasse undervisningen til elevenes spesifikke behov og kontekster. Teknologi, når den blir implementert på en hensiktsmessig måte, har potensiale for bedre både læringskvalitet og tilgjengelighet, men krever samtidig kontinuerlig tilpasning og støtte fra utdannings-systemet for å realisere sitt fulle potensial.

### **3.2.1 Bruk av smarttelefoner og nettbrett**

Falloon (2017) utforsket bruken av mobile enheter og applikasjoner i naturfagundervisning for grunnskoleelever i New Zealand, hvor iPad-er med vitenskapelige apper installert ble sentrale i læringsprosessen. Disse appene bidro til å forsterke elevenes forståelse gjennom interaktive eksperimentveiledninger, visualiseringer og simuleringer som fremmet engasjement med vitenskapelige konsepter. Lærerens rolle var avgjørende for å integrere teknologi og sikre at elevene effektivt kunne navigere gjennom læringsmateriale og teknologiske verktøy. Falloon (2017) identifiserte også utfordringer knyttet til elevers overfladiske engasjement med de konseptuelle aspektene av appene. Dette påpekte behovet for lærere til kontinuerlig å overvåke og støtte

elevs interaksjon med teknologien for å sikre en grundigere forståelse av vitenskapelige prinsipper. Det ble understreket at vellykket teknologiintegrasjon ikke bare krever tilgang til passende digitale verktøy, men også en solid pedagogisk plan samt tilstrekkelig støtte fra utdanningssystemet.

Juskaite et al. (2019) utforsket bruk av mobile teknologier i fysikkundervisning i videregående skoler i Latvia, og fremhever, slik som også Falloon (2017) gjør, viktigheten av lærerens rolle og behovet for tilstrekkelig opplæring og ressurser. Studien til Juskaite et al. (2019) fremhevet ytterligere behovet for metodisk støtte og utvikling av læringsmateriell tilpasset lokale språk og kulturer, for å utnytte potensialet til mobilteknologi i undervisning til det fulle.

Disse studiene viser at digital teknologi kan være en verdifull støtte i utdanningen, men de belyser også utfordringene som må håndteres for å utnytte teknologiens fulle potensial. Effektiv integrering av teknologi i undervisningen krever en helhetlig tilnærming som omfatter ikke bare tekniske verktøy, men også pedagogisk innovasjon og tilpasning til lokale forhold og behov.

### 3.2.2 Nordisk kontekst

#### Smarttelefoner som læringsverktøy for elever med læringsvansker (Sormunen et al., 2019)

Sormunen et al. (2019) utforsket hvordan smarttelefoner kan tilrettelegge for læring hos elever med læringsvansker i en inkluderende naturfagsklasse på barneskolenivå i Finland. Studien, som strakk seg over to år, omfattet elever med ulike læringsvansker som benyttet seg av smarttelefoner som et hjelpemiddel i læringsprosessen. Teknologien spilte en nøkkelrolle da den ble integrert som et pedagogisk verktøy for å støtte både individuell og gruppebasert læring. Lærernes oppgave var å veilede og tilpasse bruken av smarttelefonene til å møte elevenes spesifikke læringsbehov, i tillegg til å utvikle og evaluere nye undervisningsmetoder.

Studien avdekket at bruken av smarttelefoner varierte mellom ulike pedagogiske aktiviteter, med den tydeligste positive effekten i aktivitets- og undersøkelsesbaserte læringsopplegg. Elevene brukte smarttelefonene til å dokumentere og reflektere over læringsprosessene, samt til samarbeid i gruppeprosjekter hvor de utvekslet notater og ressurser. Bruken av teknologi styrket samarbeidet mellom elevene og bidro til et mer inkluderende læringsmiljø, der alle elever kunne delta og bidra ut fra sine egne forutsetninger.

Sormunen et al. (2019) sin studie indikerer at smarttelefoner kan fremme en dypere forståelse og engasjement blant elever med læringsvansker, spesielt i naturfag. Elevene opplevde også en større grad av autonomi og tilpasning til egne læringsstiler gjennom bruk av multimodale ressurser, som lydfiler, videoer og interaktive apper. Hovedutfordringene som ble dokumentert inkluderte behovet for kontinuerlig tilpasning og oppdatering av den pedagogiske praksisen for å integrere teknologi effektivt, samt å sikre at alle elever hadde tilgang til og kunne nyttiggjøre seg av teknologien på en måte som støttet deres individuelle læringsbehov.

## 3.3 Andre utvalgte studier innen naturfag

### 3.3.1. Robotikk og programmering

Fakaruddin et al. (2024) sin studie viser hvordan integrering av robotikk i naturfagundervisningen kan stimulere elevs kreativitet og problemløsningsevner. Ved å engasjere femteklassinger i praktiske aktiviteter som bygging og programmering av roboter for å løse spesifikke utfordringer, fikk elevene mulighet til å anvende vitenskapelige og teknologiske konsepter på en konkret måte. Gjennom iterativ testing og forbedring av robotene fikk de trening i kritisk tenkning og tekniske ferdigheter.

Studien beskriver hvordan elevene engasjerte seg i oppgaver som krevde både tekniske og kreative ferdigheter, for eksempel å konstruere en robot som kunne utføre bestemte oppdrag basert på scenarier gitt av lærerne. Dette oppmuntret elevene til å tenke gjennom hvordan de kunne bruke robotens egenskaper til å simulere vitenskapelige eksperimenter eller løse praktiske problemer, som å flytte objekter eller navigere gjennom labyrinter. Slike aktiviteter bidro til en dypere forståelse av både robotikkens mekanikk og de vitenskapelige konseptene som lå til grunn.

Læringsprosessen var preget av utforskende og problembasert læring, der lærerens rolle var å tilrettelegge og veilede elevene gjennom utfordringene. Samarbeid mellom elevene var viktig for idéutveksling og felles problemløsning. Teknologien spilte en sentral rolle ved å gi en konkret og taktil måte å forstå og anvende abstrakte konsepter på, noe som forsterket læringen og økte engasjementet. Studien peker imidlertid også på utfordringer knyttet til implementering av slik teknologi i undervisningen, deriblant behovet for tilstrekkelig opplæring av lærere og tilgang til nødvendige ressurser. Dette understreker viktigheten av å ha en gjennomtenkt plan og støttestruktur på plass når man introduserer nye teknologiske verktøy i klasserommet.

Alt i alt viser Fakaruddin et al. (2024) at integrering av robotikk i naturfagundervisningen kan fremme kreativ tenkning og problemløsning hos elever, forutsatt at det gjøres på en pedagogisk fundert måte med tilstrekkelig støtte til både lærere og elever.

### 3.3.2 Sosiale medier

Belova et al. (2022) utforsket hvordan elever på videregående skoler i Tyskland navigerer og vurderer vitenskapsbasert informasjon på sosiale medier. Studien avdekket en diskrepans mellom den formelle naturfagundervisningen og elevenes faktiske mediebruk, der elevene aktivt benytter sosiale medier til å søke etter

vitenskapsbasert informasjon, både i forbindelse med skolearbeid og personlige interesser. Dette peker på et potensielt område for lærerutvikling, da lærernes tilbakeholdenhet med å integrere sosiale medier i undervisningen kan skyldes mangel på kompetanse eller skepsis til informasjonens troverdighet på disse plattformene.

Studien viser at elevene bruker sosiale medier til mer enn bare sosial interaksjon. De søker aktivt etter vitenskapelig innhold for å supplere sin forståelse av komplekse temaer, ofte i forbindelse med prosjektarbeid eller prøveforberedelser. Sosiale medier gir også tilgang til en bredere diskurs om vitenskapelige spørsmål i samfunnet, som klimaendringer og bærekraft, noe som viser hvordan ungdommen engasjerer seg i globale utfordringer gjennom digitale medier.

Imidlertid avdekker resultatene at elevenes strategier for å vurdere informasjonens troverdighet ofte er basert på overfladiske kriterier som presentasjonens profesjonalitet og estetikk, noe som kan føre til at de aksepterer misvisende eller feilaktig informasjon som sannferdig. Elevene har en tendens til å stole på informasjon som virker visuelt tiltalende eller kommer fra profiler med mange følgere, uten nødvendigvis å undersøke innholdets vitenskapelige gyldighet.

Hovedutfordringene som identifiseres er mangel på dybdekunnskap om kritisk evaluering av vitenskapelig innhold og evne til å skille mellom vitenskapelig argumentasjon og pseudovitenskap. Dette understreker behovet for å integrere mediekritikk og kritisk tenkning som en del av den vitenskapelige utdanningen, slik at elever blir bedre rustet til å navigere i en stadig mer digitalisert informasjonsverden.

Studien peker på nødvendigheten av å tilpasse undervisningsmetodene for å inkludere evaluering av digitale kilder som en integrert del av læreplanen i vitenskapelige fag. Dette vil

ikke bare øke elevenes kompetanse, men også bidra til å forberede dem bedre på fremtidens utfordringer i et samfunn der vitenskapelig informasjon blir stadig mer tilgjengelig gjennom diverse medieplattformer. Belova et al. (2022) understreker dermed viktigheten av å utvikle elevenes kritiske tenkning og mediekompetanse parallelt med den faglige kunnskapen, for å sikre at de kan navigere trygt og effektivt i den digitale informasjonsverdenen. Dette krever en bevisst innsats fra lærere og skolesystemer for å integrere disse ferdighetene i den naturvitenskapelige undervisningen.

### 3.3.3 Digital vurdering

Alabdulhadi og Faisal (2020) utførte en systematisk kunnskapsoversikt om intelligente veiledningssystemer (ITS<sup>1</sup>) i STEM-utdanning<sup>2</sup>. Den systematiske kunnskapsoversikten viser hvordan digital teknologi forvandler vurderingsprosessen i STEM-utdanning ved å tilby automatisering, tilpasset læring, og avanserte tilbakemeldingssystemer, noe som bidrar til mer effektive og engasjerende læringsmiljøer. Tabell 5 gir en oversikt over noen av fordelene og ulempene med bruk av ITS-er innen STEM-utdanning.

---

<sup>1</sup> ITS er forkortelse for intelligent tutoring systems. Dette er utdanningsprogramvare med kunstig intelligens som kan gi elevene tilpassede tilbakemeldinger underveis.

<sup>2</sup> STEM er en forkortelse for Science, Technology, Engineering og Mathematics. På norsk brukes også betegnelsen MNT-fag, som står for matematikk, naturfag og teknologi.

Tabell 5. Fordeler og ulemper ved bruk av ITS

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Automatisering av vurderinger:</b> ITS-er automatiserer evalueringen av studenters prestasjoner, inkludert automatisk vurdering av svar, noe som kan redusere lærernes arbeidsbelastning og bidra til mer objektive og konsistente vurderinger.</li> <li>• <b>Tilbakemeldingssystemer:</b> Digital teknologi muliggjør avanserte tilbakemeldingssystemer med umiddelbare og forsinkede tilbakemeldinger som inkluderer prosedyreinformasjon, noe som understøtter formative vurderingspraksiser og forbedrer læringsutfall.</li> <li>• <b>Simuleringer og interaktivitet:</b> Simuleringer i vurderingsprosessen lar studenter engasjere seg i problemløsningsaktiviteter som etterligner virkelige situasjoner, noe som er spesielt verdifullt i STEM-fag.</li> <li>• <b>Tilpasset læring:</b> ITS-er tilpasser lærings- og vurderingsopplevelsen til individuelle studentbehov basert på kunnskapsnivå og læringshastighet, noe som gir en mer personlig læringsopplevelse.</li> <li>• <b>Datainnsamling og analyse:</b> ITS-er samler data om studentenes prestasjoner og interaksjoner for å analysere og forbedre både læringsinnhold og pedagogiske strategier, noe som bidrar til kontinuerlig forbedring.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Domeneavhengighet:</b> Mange ITS-er er designet spesifikt for enkelte STEM-fagområder, noe som begrenser deres anvendelighet på tvers av fagfelt og skaper utfordringer for utvikling av bredere læringsplattformer.</li> <li>• <b>Høye utviklingskostnader:</b> Utvikling av avanserte ITS-er med omfattende simuleringer og tilpassede læringsstier kan være kostbart, noe som kan være en barriere for utbredelse i mindre ressurssterke institusjoner.</li> </ul>

## 4 Oppsummering

I dagens teknologidrevne verden har digital teknologi blitt en integrert del av undervisningen, også innen fagområdene matematikk og naturfag. Digitale verktøy, ressurser og læremidler har potensiale til å revolusjonere måten elever lærer og engasjerer seg i disse fagene. Samtidig reiser integreringen av teknologi i klasserommet viktige spørsmål om hvordan det påvirker læringsmiljøer og samspillet mellom lærere, elever og selve teknologien.

### 4.1 Refleksjoner om teknologibruk i fagene

Matematikk og naturfag er to fagområder som har både likheter og forskjeller når det gjelder bruk av digital teknologi i undervisningen, men hvor teknologibruk i begge fagene kan fremme både læring og engasjement.

#### 4.1.1 Matematikk

Integreringen av digital teknologi i matematikkundervisningen tilbyr et betydelig potensial for å berike læringsmiljøer og fremme en dypere forståelse og engasjement i matematikken. De undersøkte studiene viser et mangfold av tilnærminger for integrering av digital teknologi i matematikkundervisningen og gir innsikter i hvordan disse kan fremme engasjement, forståelse, og kreativ tenkning blant elever. Et annet gjennomgående poeng er potensialet bruk av digital teknologi kan ha for å fremme en aktiv og utforskende læringsprosess. Disse teknologiene tilbyr varierte og rike pedagogiske opplevelser som stimulerer kreativ tenkning og problemløsningsevner. Med de rette forutsetningene, kan digitale verktøy ha en positiv effekt på elevers matematikkprestasjoner sammenlignet med tradisjonell undervisning. Disse verktøyene kan tilby interaktive læringsopplevelser som fremmer forståelse gjennom simulering og modellering, noe som gjør abstrakte matema-

tiske konsepter mer konkrete og tilgjengelige for elevene.

Videre kommer det tydelig frem at lærerens rolle er avgjørende for å navigere i utfordringene som følger med digital teknologi og matematisk tenkning. Gjennom veiledning, støtte og tilrettelegging kan lærere sikre at elevstyrte oppgaver forblir produktive, engasjerende og fremmer dyp læring. Ved å fokusere på vellykkede praksiser og lære av utfordringene, fremheves betydningen av en balansert og reflektert tilnærming til teknologiintegrasjon i matematikkundervisningen, hvor læreren spiller en sentral rolle i å støtte elevers utforskende reise gjennom matematikken med digital teknologi. Eksemplene fra studiene demonstrerer hvordan læreren fungerer som en veileder og tilrettelegger, støtter elevene i deres interaksjon med teknologien, og tilpasser undervisningspraksiser for å integrere teknologi på en måte som forsterker læring. Dette krever pedagogisk fleksibilitet og en åpenhet for innovasjon og endring i undervisningsmetoder. Det blir klart at selv i elevstyrte læringsprosesser, er lærerens veiledning og tilbakemeldinger essensielle for å sikre at elever forstår og anvender de matematiske konseptene korrekt.

Elevsentrert læring fremheves også i de inkluderte studiene, hvor bruk av digitale verktøy kan støtte problemløsningsoppgaver og intuitive konseptrepresentasjoner. Men uten lærerens støtte kan elever møte utfordringer som kan hindre læring og anvendelse av matematikk. Derfor er balansen mellom elevstyrte og lærerstyrte aktiviteter viktig for å sikre en meningsfylt og produktiv læringsopplevelse, hvor elever føler seg støttet samtidig som de utforsker og engasjerer seg i matematikken.

Til tross for utfordringene, tyder funnene i studiene på at fordelene ved å integrere digital teknologi matematikkundervisningen oppveier ulempene. Ved å adressere utfordringene gjennom tilpasset opplæring, fokus på dybdelæring og tilstrekkelige ressurser, kan lærere og skoler legge til rette for et læringsmiljø som fremmer kreativitet, problemløsning og en dypere forståelse av matematiske konsepter. Samlet sett antyder funnene at integrering av digital teknologi i matematikkundervisningen kan fremme mer aktive, utforskende og samarbeidsorienterte læringsprosesser. Lærerenes rolle som veileder, elevenes samarbeid og den praktiske bruken av matematikk gjennom digital teknologi ser ut til å være nøkkelfaktorer for en vellykket implementering.

#### 4.1.2 Naturfag

Innen naturfag har bruk av teknologier som utvidet virkelighet, virtuell virkelighet, simuleringer og animasjoner vist seg å være spesielt effektive for å visualisere abstrakte konsepter, gi trygg utforskning av komplekse fenomener og tilby virtuelle eksperimenter.

I naturfag viser studiene at bruk av digital teknologi kan gi interaktive og engasjerende læringsopplevelser innen områder som ikke er mulig å utforske uten digital teknologi (f.eks. å utforske havbunnen, verdensrommet, og atomer). Gjennom bruk av AR, VR, simuleringer og animasjoner, kan elever utforske komplekse og abstrakte naturvitenskapelige konsepter på en visuell og håndgripelig måte. Dette bidrar til en dypere forståelse og styrker deres evne til vitenskapelig modellering og resonnering. Videre fremmer teknologien individualisert læring der elever kan arbeide i eget tempo og utforske vitenskapelige fenomener fra nye perspektiver, noe som potensielt øker deres motivasjon og engasjement i faget. Imidlertid er vellykket integrering av disse teknologiene avhengig av nøye pedagogisk planlegging, tilstrekkelig læreropplæring, og en klar kobling mellom teknologibruk og læreplanmål for å sikre at teknologien støtter og forbedrer den

vitenskapelige læringsprosessen fremfor å virke distraherende.

For å lykkes med bruk av digital teknologi i naturfag er det avgjørende med en gjennomtenkt pedagogisk tilnærming der teknologien blir et integrert virkemiddel for å nå faglige mål. Lærerne trenger solid kompetanse både i naturfagdidaktikk og pedagogisk bruk av IKT. Samtidig må elevene rustes til å bli kritiske og kompetente brukere av teknologi og medier. Dette innebærer at skolen spiller en viktig rolle i å bygge bro mellom faglig innhold, digitale ferdigheter og kildekritisk tenkning.

Det er også sentralt med en helhetlig satsing på skole- og systemnivå som sikrer nødvendige ressurser, utstyr og støttefunksjoner over tid. Mens teknologien tilbyr spennende pedagogiske muligheter, er gevinsten avhengig av hvordan den tas i bruk. Lærerenes rolle som tilrettelegger er sentral, og det kreves en balanse mellom elevaktiv utforskning, samarbeid, og kritisk evaluering av digital informasjon. Utfordringer som høye kostnader, behov for læreropplæring og tekniske begrensninger må adresseres for å sikre at teknologien faktisk forbedrer den vitenskapelige læringsprosessen og ikke virker distraherende.

Immersive og interaktive læringsopplevelser kan øke elevenes engasjement og forståelse av vitenskapelige prinsipper på måter som tradisjonelle metoder ofte ikke kan. Digitale enheter, som smarttelefoner og nettbrett, kan, når de brukes effektivt, fremme dypere forståelse og engasjement i naturfag, spesielt for elever med læringsvansker. Disse enhetene gir elever tilgang til et bredt spekter av læringsressurser, muliggjør datainnsamling og analyse, og legger til rette for samarbeid og kunnskapsdeling.

#### 4.1.3 Sammenligning av fagområdene

Begge fagene kan dra nytte av teknologiens evne til å skape mer elevsentrerte, utforskende og samarbeidsorienterte



læringsprosesser. Interaktive og engasjerende læringsopplevelser er mulig i både matematikk og naturfag ved hjelp av digital teknologi. Lærerens rolle som veileder og tilrettelegger er viktig i begge fag for å sikre pedagogisk bruk av teknologien og støtte elevenes læring. Utfordringer som tekniske problemer, behov for omfattende læreropplæring og fare for overfladisk bruk uten dyp forståelse er felles for både matematikk og naturfag.

Imidlertid er det også noen betydelige forskjeller mellom fagene, sett fra de inkluderte studiene. I matematikk er bruk av robotikk, programmering og dynamisk geometriprogramvare spesielt fremtredende. Disse verktøyene kan bidra til å gjøre abstrakte matematiske konsepter mer konkrete og fremme problemløsning og algoritmisk tenkning hos elevene. I naturfag, derimot, er det et større fokus på teknologier som AR, VR simuleringer og animasjoner. Disse kan visualisere komplekse naturfaglige fenomener og prosesser, og la elevene gjennomføre virtuelle eksperimenter som ellers ikke ville vært mulig på grunn av sikkerhet, tid eller ressurser.

Matematikk og naturfag har mange av de samme overordnede gevinstene og utfordringene ved bruk av digital teknologi, men naturfag ser ut til å ha et ekstra fokus på visualisering, virtuelle eksperimenter og kritisk informasjonskompetanse, mens matematikk legger mer vekt på problemløsning, algoritmisk tenkning og bruk av fagspesifikke programvarer. Uansett er samspillet mellom teknologi, elever og lærere avgjørende i begge fag for å skape gode digitale læringsmiljøer som fremmer dybdelæring og forståelse.

## 4.2 Samspillet mellom lærere, elever og teknologi

Et gjennomgående tema i studiene som rapporten legger frem er hvordan et fungerende samspill mellom teknologi, elev og lærer er avgjørende for å realisere potensialet digital

teknologi har for å skape engasjerende og læringsfremmende miljøer. Det er tydelig at digital teknologi har potensiale til å støtte utformingen av læringsmiljøer som fremmer engasjement og forståelse. Gjennom bruk av verktøy som robotikk, programmering, digitale verktøy, AR, VR og simuleringer, kan undervisningen bli mer elevsentrert, interaktiv og utforskende. Disse teknologiene visualiserer abstrakte konsepter, muliggjør trygg eksperimentering og fremmer aktiv læring. Samtidig er det viktig å anerkjenne at teknologi alene ikke er nok.

Det er imidlertid viktig å erkjenne at vellykket bruk av digital teknologi krever mer enn bare tilgang til verktøyene. Det er det komplekse samspillet mellom lærere, elever og teknologi som former læringsmiljøer. Når dette samspillet fungerer, med en kompetent og fleksibel lærer, nysgjerrige og aktive elever, og en teknologi som er valgt og brukt med omhu, kan det åpne for nye måter å forstå og skape kunnskap på. Lærere må påta seg rollen som veiledere og tilretteleggere, og bruke teknologi for å fremme elevsamarbeid og praktisk anvendelse av kunnskap. Dette krever imidlertid at lærere får nødvendig støtte, tid og ressurser for å utvikle nødvendig kompetanse. Videre må elever være aktive deltakere i sin egen læring, samhandle med hverandre og teknologien for å konstruere forståelse. Skoleledelsen spiller også en nøkkelrolle i å legge til rette for samarbeid, erfaringsdeling og pedagogiske diskusjoner blant lærere. Uten denne støtten kan potensialet for teknologi til å transformere læringsmiljøer bli begrenset. Lærerens rolle er sentral, som også bekreftet i GrunnDig (Munthe et al., 2022), men det kreves robuste støttestrukturer for å tilby lærere de ressursene og den tiden som trengs for effektiv planlegging og pedagogisk diskusjon.

## Tematisk oversikt: Naturfag

Basert på de systematiske kunnskapsoversiktene og primærstudiene som er gjennomgått, kan vi trekke noen hovedkonklusjoner om bruk av digital teknologi i naturfagundervisningen:

Teknologier	Bruksområder
Augmented reality (AR) og virtual reality (VR)	Visualisering og interaksjon med komplekse vitenskapelige konsepter og prosesser
Datamaskinsimuleringer, animasjoner og virtuelle laboratorier	Gjennomføring av virtuelle eksperimenter og undersøkelser
Mobile enheter som smarttelefoner og nettbrett med tilhørende applikasjoner	Støtte for individuell og gruppebasert læring
Robotikk og programmeringsverktøy	Utvikling av kreativitet, problemløsningsevner og tekniske ferdigheter
Digitale vurderingsverktøy som intelligente veiledningssystemer (ITS)	Automatisert vurdering og adaptive tilbakemeldinger
Sosiale medier	Informasjonsinnhenting og kunnskapsdeling

Lærers rolle	Elevsamarbeid
Tilrettelegge for bruk av teknologi og veilede elevsentrerte læringsaktiviteter	Teknologien legger til rette for kollektiv kunnskapsbygging og problemløsning
Tilpasse bruken av digitale verktøy til elevenes individuelle læringsbehov	Deling av ideer, data og ressurser gjennom digitale plattformer
Sikre kobling mellom teknologibruk og læringsmål	Utvikling av kommunikasjons- og samarbeidsferdigheter
Støtte utvikling av elevenes konseptuelle forståelse og forskningsferdigheter	
Fremme produktivt samarbeid og diskusjon blant elevene	

Hovedfunn	Utfordringer
<p>Digital teknologi kan øke elevenes motivasjon, engasjement og dybdelæring i naturfag og matematikk</p> <p>Interaktive visualiseringer og simuleringer gjør komplekse konsepter mer tilgjengelige</p> <p>Teknologien støtter utforskende og problembasert læring</p> <p>Digitale verktøy muliggjør tilpasset opplæring og inkluderende læringsmiljøer</p> <p>Effektiv integrering krever faglig og pedagogisk digital kompetanse hos lærerne</p> <p>Samspillet mellom lærerens veiledning, elevers aktive deltakelse og samarbeid, og bruk av digital teknologi er avgjørende for å skape engasjerende og forståelsesfremmende læringsmiljøer.</p> <p>Kritisk tenkning rundt digital informasjon, for eksempel på sosiale medier, er en sentral kompetanse å utvikle hos elevene.</p>	<p>Behov for tilstrekkelig infrastruktur, utstyr og teknisk støtte</p> <p>Tidkrevende opplæring og utvikling av lærernes digitale kompetanse</p> <p>Fare for overfladisk bruk av teknologi uten dyp konseptuell forståelse</p> <p>Nødvendig med kontinuerlig tilpasning og oppdatering av pedagogisk praksis</p> <p>Utfordringer med kritisk vurdering av vitenskapelig informasjon på sosiale medier</p> <p>Høye kostnader forbundet med anskaffelse og vedlikehold av AR/VR-utstyr og annen digital teknologi</p> <p>Tekniske problemer og begrenset pålitelighet av noen digitale verktøy, som kan forstyrre undervisningen</p> <p>Potensielle distraksjoner og avledning fra læring ved bruk av underholdningsrettede teknologier som spill</p> <p>Fare for at digitale verktøy erstatter heller enn supplerer praktiske, "hands-on" læringsaktiviteter</p> <p>Manglende støtte og insentiver fra skoleledelsen for innovativ og digital undervisningspraksis</p> <p>Tidkrevende for lærere å holde seg oppdatert på den raske teknologiske utviklingen og mulighetene den gir</p>

## Referanser

### Kunnskapsoversikter

Reference	Reference Type	School Level	Research Questions/Aims	N
Ajit, g., lucas, t., & kanyan, r. (2021). A systematic review of augmented reality in stem education. <i>Estudios de economia aplicada</i> , 39(1), 1-22. Scopus. <a href="https://doi.org/10.25115/eea.v39i1.4280">https://doi.org/10.25115/eea.v39i1.4280</a>	Systematic review	Primary school Lower Secondary Upper secondary	(1) What are the general characteristics of AR in STEM education? (2) What are the benefits of AR in STEM study? (3) What are the challenges of AR in STEM study?	19
Bray, A., & Tangney, B. (2017). Technology usage in mathematics education research: A systematic review of recent trends. <i>Computers &amp; Education</i> , 114, 255-273. <a href="https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.004">https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.004</a>	Systematic review	Primary school Secondary school	(1) What are the general characteristics of technology use in mathematics education? (2) How do digital tools impact learning experiences in mathematics? (3) What are the challenges in integrating technology in mathematics education?	139
Chan, K. K., & Leung, S. W. (2014). Dynamic geometry software improves mathematical achievement: Systematic review and meta-analysis. <i>Journal of Educational Computing Research</i> , 51(3), 311-325. Scopus. <a href="https://doi.org/10.2190/EC.51.3.c">https://doi.org/10.2190/EC.51.3.c</a>	Systematic review Meta-analysis	Primary school Lower Secondary Upper secondary	In this meta-analysis, we aim to evaluate whether DGS-based instruction does improve mathematics achievement in K-12 education compared to traditional pencil-and-ruler instruction as a control.	9
Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. <i>Educational Research Review</i> , 9, 88-113. Scopus. <a href="https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.001">https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.001</a>	Meta-analysis	Primary school Lower secondary Upper secondary	(1) Do education technology applications improve mathematics achievement in K-12 classrooms as compared to traditional teaching methods without educational technology? (2) What study and research features moderate the effects of educational technology applications on student mathematics achievement? (3) Do the Dynarski/ Campuzzano findings conform with those of other high-quality evaluations?	74

Reference	Reference Type	School Level	Research Questions/Aims	N
Donnelly-Hermosillo, D. F., Gerard, L. F., & Linn, M. C. (2020). Impact of graph technologies in K-12 science and mathematics education. <i>Computers and Education</i> , 146. Scopus. <a href="https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103748">https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103748</a>	Meta-analysis	Primary school Lower secondary Upper secondary	(1) What is the overall impact of instruction supported by graph technology on K-12 students' learning? We answer this question by conducting a meta-analysis of design studies that analyze graphing instruction using pre/post data measuring graph proficiency. (2) Does the impact of technology-based graphing instruction differ from the impact of non-technology-based instruction? We meta-analyze studies that have either pre/post and post-test only results that compare instruction with and without digital technology. (3) What investigative features characterize the use of K-12 graphing technologies?	42
Juandi, D., Kusumah, Y. S., Tamur, M., Perbowo, K. S., & Wijaya, T. T. (2021). A meta-analysis of Geogebra software decade of assisted mathematics learning: What to learn and where to go? <i>Heliyon</i> , 7(5). Scopus. <a href="https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06953">https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06953</a>	Meta-analysis	Lower secondary Upper secondary	(1) Whether the overall effect size of using GeoGebra software had a significant impact on students' mathematical abilities. (2) To what extent do study characteristics (study year, level of education, sample size, student to computer ratio used, and length of treatment) moderate the study's effect size?	29

Reference	Reference Type	School Level	Research Questions/Aims	N
Juandi, D., Kusumah, Y. S., Tamur, M., Perbowo, K. S., Siagian, M. D., Sulastri, R., & Negara, H. R. P. (2021). The Effectiveness of Dynamic Geometry Software Applications in Learning Mathematics: A Meta-Analysis Study. <i>International Journal of Interactive Mobile Technologies</i> , 15(2), 18–37. Scopus. <a href="https://doi.org/10.3991/ijim.v15i02.18853">https://doi.org/10.3991/ijim.v15i02.18853</a>	Meta-analysis	Lower secondary Upper secondary	(1) Does the use of DGS in mathematics learning produce a large effect size on mathematical abilities than conventional approaches? (2) Are there differences in effectiveness between DGS applied based on the following research years: (a) 2010–2012, (b) 2013–2015, (c) 2016–2018, and (d) 2019–2020? (2) Are there differences in effectiveness between the DGS implemented at the following educational levels: (a) Junior High Schools, (b) High and Vocational Schools, and (c) higher institutions? (3) Are there differences in effectiveness between DGS applied based on the following sample sizes: (a) less or equal to 30, and (b) more than 30? (4) Are there differences in effectiveness between the following types of DGS: (a) GeoGebra, (b) Cabri, (c) Sketchpad, and (d) Wingeom? (5) Are there differences in effectiveness between DGS applied based on students' ratio to computers in the following settings: (a) individuals and (b) Groups?	50
Pan, Y., Ke, F., & Xu, X. (2022). A systematic review of the role of learning games in fostering mathematics education in K-12 settings. <i>Educational Research Review</i> , 100448. DOI:10.1016/j.edurev.2022.100448	Systematic Review	K-12	1) Research methodologies for learning games in math education, 2) Trends in using learning games, 3) Approaches to integrating learning in games	43

Reference	Reference Type	School Level	Research Questions/Aims	N
Zhang, Y., Luo, R., Zhu, Y., & Yin, Y. (2021). Educational Robots Improve K-12 Students' Computational Thinking and STEM Attitudes: Systematic Review. <i>Journal of Educational Computing Research</i> , 59(7), 1450-1481. Scopus. <a href="https://doi.org/10.1177/0735633121994070">https://doi.org/10.1177/0735633121994070</a>	Meta-analysis	Primary school Lower Secondary	(1) Compared with traditional teaching methods, is the educational robots more helpful to improve students' computational thinking and STEM attitudes due to its friendly human-computer interaction and other characteristics? (2) To what extent are educational robots outcomes moderated by: (a) gender, (b) teaching experiment period, and (c) grade level?	17
Zhong, B., & Xia, L. (2020). A Systematic Review on Exploring the Potential of Educational Robotics in Mathematics Education. <i>International Journal of Science and Mathematics Education</i> , 18(1), 79-101. Scopus. <a href="https://doi.org/10.1007/s10763-018-09939-y">https://doi.org/10.1007/s10763-018-09939-y</a>	Systematic review	Primary school Lower Secondary Upper secondary	(1) How has robotics been incorporated into mathematics education? (2) What intervention approaches are effective in teaching and learning mathematical knowledge through robotics? (3) What implications for teaching are indicated by these empirical studies?	20

## Primærstudier

Reference	Learning Processes in Mathematics	Age/ Grade Level	Country
Adesina, A., Stone, R., Batmaz, F., & Jones, I. (2014). Touch Arithmetic: A process-based Computer-Aided Assessment approach for capture of problem solving steps in the context of elementary mathematics. <i>Computers &amp; Education</i> , 78, 333-343.	A touch-based computer-aided assessment approach can capture students' problem-solving steps in elementary mathematics, providing more explicit information on the problem-solving process compared to paper-and-pencil tests.	Primary school	UK
Alsoliman, B. S. H. (2022). Virtual robotics in education: The experience of eighth grade students in STEM. <i>Front. Educ.</i> , 7:950766. doi: 10.3389/educ.2022.950766	Virtual robotics can support the development of STEM skills and be beneficial for both students and teachers in improving the teaching-learning process.	8th grade	-

Reference	Learning Processes in Mathematics	Age/ Grade Level	Country
Alsoliman, B. S. H. (2022). Virtual robotics in education: The experience of eighth grade students in STEM. <i>Front. Educ.</i> , 7:950766. doi:10.3389/educ.2022.950766	Virtual robotics can support the development of STEM skills and be beneficial for both students and teachers in improving the teaching-learning process.	8th grade	-
Aqazade, M. (2022). The Role of Interactive Features within a Mathematics Storybook in Interpreting a Conflict and Conflict Resolution: The Case of Three Fifth Graders. <i>Educational Sciences</i> , 12(879). <a href="https://doi.org/10.3390/educsci12120879">https://doi.org/10.3390/educsci12120879</a>	Interactive features in a mathematics storybook can support students' interpretation of conflict and conflict resolution, promoting conceptual understanding and problem-solving strategies.	5th grade	USA
Belova, N., Krause, M., & Siemens, C. (2022). Students' Strategies When Dealing with Science-Based Information in Social Media—A Group Discussion Study. <i>Education Sciences</i> , 12(9), 603. <a href="https://doi.org/10.3390/educsci12090603">https://doi.org/10.3390/educsci12090603</a>	The study explores how secondary school students critically evaluate science-based information on social media, focusing on their strategies for identifying manipulation, evaluating credibility, and dealing with scientific claims. It highlights the challenges students face in applying scientific reasoning and critical thinking in the context of media literacy.	Secondary school (Grades 9-13)	Germany
Bozkurt, G., & Ruthven, K. (2018). The activity structure of technology-based mathematics lessons: a case study of three teachers in English secondary schools. <i>Research in Mathematics Education</i> , 20(3), 254-272. DOI: 10.1080/14794802.2018.1474798	The study identifies activity structures and instrumental orchestrations in technology-based mathematics lessons, highlighting the "Predict-and-test" format in student tasks.	Secondary school	England
Calder, N. (2018). Using Scratch to facilitate mathematical thinking. <i>Waikato Journal of Education</i> , 23(2), 43-58. doi: 10.15663/wje.v23i2.654.	Using Scratch to create mathematical digital learning objects can facilitate students' mathematical thinking, problem-solving processes, and understanding of geometry concepts.	10-year-old students (primary school)	New Zealand



Reference	Learning Processes in Mathematics	Age/ Grade Level	Country
Dönmez-Usta, N., & Ültay, N. (2022). Augmented Reality and Animation Supported-STEM Activities in Grades K-12: Water Treatment. <i>Journal of Science Learning</i> , 5(3), 439-451.	The study explored how AR and animation-supported STEM activities in primary school helped students engage with science topics like water treatment. These activities supported students' understanding of abstract concepts through hands-on, inquiry-based learning, enhanced by augmented reality and animation tools. The research revealed that these methods improved student engagement, motivation, and the ability to visualize scientific processes.	Primary school (Grade 4)	Turkey
Engeness, I. (2020). Teacher facilitating of group learning in science with digital technology and insights into students' agency in learning to learn. <i>Research in Science &amp; Technological Education</i> , 38(1), 42-62. <a href="https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1576604">https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1576604</a>	This study explores how teachers can facilitate group learning in science using digital technology, focusing on developing students' conceptual understanding of scientific processes (mitosis and meiosis) and enhancing their agency in learning to learn. The findings reveal that digital animations and interactive tasks can foster collaboration, scientific thinking, and student autonomy through structured teacher guidance and peer interactions.	Lower secondary school	Norway
Falloon, G. (2016). An analysis of young students' thinking when completing basic coding tasks using Scratch Jnr. On the iPad. <i>Journal of Computer Assisted Learning</i> , 32(6), 576-593.	Young students can develop computational thinking skills and engage in problem-solving processes when completing basic coding tasks using Scratch Jr. on iPads.	5-6 years old	New Zealand

Reference	Learning Processes in Mathematics	Age/ Grade Level	Country
Falloon, G. (2017). Mobile Devices and Apps as Scaffolds to Science Learning in the Primary Classroom. <i>Journal of Science Education and Technology</i> , 26(4), 613-628. <a href="https://doi.org/10.1007/s10956-017-9702-4">https://doi.org/10.1007/s10956-017-9702-4</a>	The study investigates how primary school students use mobile devices and apps to scaffold their learning in science experiments. Key learning processes include understanding scientific procedures, investigating variables, and developing conceptual knowledge. The study highlights the role of app-based scaffolds (e.g., videos, interactive tools) in helping students plan, execute, and evaluate science experiments, although conceptual development was limited without teacher support.	Primary school (Grades 5-6)	New Zealand
Fakaruddin, F. J., Shahali, E. H. M., & Saat, R. M. (2024). Creative thinking patterns in primary school students' hands-on science activities involving robotic as learning tools. <i>Asia Pacific Education Review</i> , 25(1), 171-186. <a href="https://doi.org/10.1007/s12564-023-09825-5">https://doi.org/10.1007/s12564-023-09825-5</a>	The study examines how robotics activities in hands-on science tasks stimulate creative thinking in primary school students.	Primary school (Grade 5)	Malaysia
Fokides, E. (2018). Digital educational games and mathematics. Results of a case study in primary school settings. <i>Education and Information Technologies</i> , 23, 851-867. <a href="https://doi.org/10.1007/s10639-017-9639-5">DOI:10.1007/s10639-017-9639-5</a>	Digital games can enhance students' learning outcomes and motivation in mathematics compared to traditional teaching methods.	1st, 4th, and 6th grade (ages 6-7, 8-9, and 11-12)	Greece
Forsström, S. E. (2019). Role of teachers in students' mathematics learning processes based on robotics integration. <i>Learning Culture and Social Interaction</i> , 21, 378-389. <a href="https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.04.005">https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.04.005</a>	The teacher's role as an active and engaging object negotiator at the beginning of the sessions is essential in supporting students' whole learning process with robots. The teacher's choices in the activity design phase enable fruitful mathematics learning that depends on teacher-student interactions.	Secondary school students aged 12-13	Norway

Reference	Learning Processes in Mathematics	Age/ Grade Level	Country
Forsström, S. E. (2019). Role of teachers in students' mathematics learning processes based on robotics integration. <i>Learning Culture and Social Interaction</i> , 21, 378-389. <a href="https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.04.005">https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.04.005</a>	The teacher's role as an active and engaging object negotiator at the beginning of the sessions is essential in supporting students' whole learning process with robots. The teacher's choices in the activity design phase enable fruitful mathematics learning that depends on teacher-student interactions.	Secondary school students aged 12-13	Norway
Furberg, A. (2016). Teacher support in computer-supported lab work: Bridging the gap between lab experiments and students' conceptual understanding. <i>International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning</i> , 11(1), 89-113. <a href="https://doi.org/10.1007/s11412-016-9229-3">https://doi.org/10.1007/s11412-016-9229-3</a>	This study investigates how teacher support helps secondary school students bridge the gap between hands-on lab experiments and conceptual understanding in genetics. It focuses on teacher-student interactions during computer-supported collaborative learning (CSCL) and how teacher guidance addresses conceptual challenges that arise in help-seeking situations. The findings emphasize the importance of teacher intervention in helping students connect procedural work to underlying scientific principles.	Secondary school (Ages 16-17)	Norway
García-Carrillo, C.; Greca, I.M.; Fernández-Hawrylak, M. (2021). Teacher Perspectives on Teaching the STEM Approach to Educational Coding and Robotics in Primary Education. <i>Educ. Sci.</i> , 11(64). <a href="https://doi.org/10.3390/educsci11020064">https://doi.org/10.3390/educsci11020064</a>	Teachers had positive perspectives on using the STEM approach and educational coding and robotics in primary education, despite the difficulties encountered in classroom practice.	Primary education	Spain
García-Carrillo, C.; Greca, I.M.; Fernández-Hawrylak, M. (2021). Teacher Perspectives on Teaching the STEM Approach to Educational Coding and Robotics in Primary Education. <i>Educ. Sci.</i> , 11(64). <a href="https://doi.org/10.3390/educsci11020064">https://doi.org/10.3390/educsci11020064</a>	Teachers had positive perspectives on using the STEM approach and educational coding and robotics in primary education, despite the difficulties encountered in classroom practice.	Primary education	Spain

Reference	Learning Processes in Mathematics	Age/ Grade Level	Country
Glasnović Gracin, D., & Krišto, A. (2022). Differences in the Requirements of Digital and Printed Mathematics Textbooks: Focus on Geometry Chapters. <i>CEPS Journal</i> , 12(2), 95-117.	Digital textbooks have the potential to support active learning in geometry, but their current design does not fully utilize these opportunities.	Grades 1-4	Croatia
Gutierrez-Santos, S., Mavrikis, M., Geraniou, E., & Poulouvassilis, A. (2017). Similarity-Based Grouping to Support Teachers on Collaborative Activities in an Exploratory Mathematical Microworld. <i>IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing</i> , 5(1), 56-68.	Similarity-based grouping can support teachers in managing collaborative learning activities in exploratory mathematical microworlds.	-	UK
Hadi, P., & Symons, D. (2021). The role of robotics in the development of creativity, critical thinking, and algorithmic thinking. <b>Australian Primary Mathematics Classroom</b> , 26(3), 9-12.	Robotics can support the development of creativity, critical thinking, and algorithmic thinking in primary school mathematics education.	Primary school	-
Hadi, P., & Symons, D. (2021). The role of robotics in the development of creativity, critical thinking, and algorithmic thinking. <b>Australian Primary Mathematics Classroom</b> , 26(3), 9-12.	Robotics can support the development of creativity, critical thinking, and algorithmic thinking in primary school mathematics education.	Primary school	-
Hill, V. (2015). Digital citizenship through game design in Minecraft. <i>New Library World</i> , 116(7/8), 369-382.	Designing games in Minecraft can support the development of digital citizenship skills, mathematical thinking, and collaborative learning in elementary school students.	5th grade	-
Humble, N. (2022). Teacher observations of programming affordances for K-12 mathematics and technology. <i>Education and Information Technologies</i> , 27, 4887-4904. <a href="https://doi.org/10.1007/s10639-021-10811-w">https://doi.org/10.1007/s10639-021-10811-w</a>	Teachers identify several affordances of programming for K-12 mathematics and technology, such as flexibility, creativity, efficiency, visualization, and interdisciplinary collaboration, which can support student learning and motivation.	K-12	Sweden
Humble, N. (2023). A conceptual model of what programming affords secondary school courses in mathematics and technology. <i>Education and Information Technologies</i> , 28, 10183-10208. <a href="https://doi.org/10.1007/s10639-023-11577-z">https://doi.org/10.1007/s10639-023-11577-z</a>	Programming can afford secondary school mathematics and technology courses opportunities to support content learning, facilitate engagement and motivation, and foster developmental skills.	Secondary school	Sweden

Reference	Learning Processes in Mathematics	Age/ Grade Level	Country
Juskaite, L., Ipatovs, A., & Kapenieks, A. (2019). Mobile technologies in physics education in Latvian secondary schools. <i>Periodicals of Engineering and Natural Sciences</i> , 7(1), 187-196. <a href="http://pen.ius.edu.ba">http://pen.ius.edu.ba</a>	This study investigates how mobile devices, such as smartphones and tablets, are integrated into classroom learning to enhance students' engagement, conceptual understanding, and practical skills in physics. The research highlights the benefits of mobile learning tools in making physics more accessible and interactive, while also addressing challenges like technical limitations and the need for teacher training.	Secondary school	Latvia
Misfeldt, M., & Zacho, L. (2016). Supporting primary-level mathematics teachers' collaboration in designing and using technology-based scenarios. <i>Journal of Mathematics Teacher Education</i> , 19, 227-241. <a href="https://doi.org/10.1007/s10857-015-9336-5">https://doi.org/10.1007/s10857-015-9336-5</a>	Collaborative design of technology-based scenarios can support teachers' adoption of technology and open-ended projects in mathematics.	Primary school	Denmark
Mukama, E., & Byukusenge, P. (2023). Supporting student active engagement in chemistry learning with computer simulations: Five actions (5As). <i>Periodicals of Engineering and Natural Sciences</i> , 11(1), 187-196. <a href="https://doi.org/10.21533/pen.v11i1.1102">https://doi.org/10.21533/pen.v11i1.1102</a>	The study investigates how computer simulations can promote active student engagement in chemistry learning, particularly in chemical bonding, reliance.	Secondary school	Rwanda
Muñoz, L., Villarreal, V., Morales, I., Gonzalez, J., & Nielsen, M. (2020). Developing an Interactive Environment through the Teaching of Mathematics with Small Robots. <i>Sensors</i> , 20(1935), 1-23. doi:10.3390/s20071935	Teaching with small robots can create an interactive learning environment and improve students' logical-mathematical skills in preschool and first-grade mathematics.	Preschool and 1st grade	Panama
Muñoz, L., Villarreal, V., Morales, I., Gonzalez, J., & Nielsen, M. (2020). Developing an Interactive Environment through the Teaching of Mathematics with Small Robots. <i>Sensors</i> , 20(1935), 1-23. doi:10.3390/s20071935	Teaching with small robots can create an interactive learning environment and improve students' logical-mathematical skills in preschool and first-grade mathematics.	Preschool and 1st grade	Panama

Reference	Learning Processes in Mathematics	Age/ Grade Level	Country
Murchan, D., & Oldham, E. (2017). Exploring the role of computer-based assessment in diagnosing children's mathematical errors in primary education in Ireland. <i>Irish Educational Studies</i> , 36(4), 489-510. <a href="https://doi.org/10.1080/03323315.2017.1393765">https://doi.org/10.1080/03323315.2017.1393765</a>	Computer-based assessments that require open-format responses can help diagnose children's mathematical errors in primary education through automated scoring and error analysis techniques.	Primary education	Ireland
Nemiro, J. E. (2021). Developing collaborative behaviours in elementary school students: a comparison of robotics versus maths teams. <i>Educational Studies</i> , 47(5), 521-537. <a href="https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1716209">https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1716209</a>	Participation in robotics teams can help develop problem-solving skills and positive attitudes towards teamwork in elementary school students, compared to traditional math teams.	4th grade	-
Nemiro, J. E. (2021). Developing collaborative behaviours in elementary school students: a comparison of robotics versus maths teams. <i>Educational Studies</i> , 47(5), 521-537. <a href="https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1716209">https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1716209</a>	Participation in robotics teams can help develop problem-solving skills and positive attitudes towards teamwork in elementary school students, compared to traditional math teams.	4th grade	-
Petersson, J. (2022). Students' responses to the question: how does a computer do curve fitting? <i>International Journal of Mathematical Education in Science and Technology</i> . <a href="https://doi.org/10.1080/0020739X.2022.2053216">https://doi.org/10.1080/0020739X.2022.2053216</a>	Students can suggest mathematically founded strategies for curve fitting, covering both algebraic and statistical approaches that have appeared in the history of mathematics.	10th grade (secondary school)	Sweden
Puig, A., Rodríguez, I., Baldeón, J., & Múria, S. (2022). Children building and having fun while they learn geometry. <i>Computer Applications in Engineering Education</i> , 30, 741-758. <a href="https://doi.org/10.1002/cae.22484">https://doi.org/10.1002/cae.22484</a>	A gamified virtual environment where children manipulate 2D and 3D shapes to create buildings can help them learn and have fun with geometry concepts.	Primary school	-
Radović, S., Radojičić, M., Veljković, K., & Marić, M. (2020). Examining the effects of Geogebra applets on mathematics learning using interactive mathematics textbook. <i>Interactive Learning Environments</i> , 28(1), 32-49. <a href="https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1512001">https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1512001</a>	Interactive applets and e-textbooks fostered students' conceptual understanding and provided meaningful opportunities for learning.	-	Serbia

Reference	Learning Processes in Mathematics	Age/ Grade Level	Country
Serholt, S., Pareto, L., Ekström, S., & Ljungblad, S. (2020). Trouble and Repair in Child-Robot Interaction: A Study of Complex Interactions With a Robot Tutee in a Primary School Classroom. <i>Frontiers in Robotics and AI</i> , 7, 46.	The study examines the types of troubles that occur in child-robot interactions during mathematics learning and the strategies employed by children and adults to cope with these troubles.	Primary school students (grade not specified)	Sweden
Shahmoradi, S., Kothiyal, A., Bruno, B., & Dillenbourg, P. (2023). Evaluation of teachers' orchestration tools usage in robotic classrooms. <i>Education and Information Technologies</i> , 29, 3219-3256. <a href="https://doi.org/10.1007/s10639-023-11909-z">https://doi.org/10.1007/s10639-023-11909-z</a>	Orchestration tools can support teachers in managing robot-based learning activities by providing awareness of students' progress and options for activity management.	Primary school students aged 7-10	Switzerland
Shahmoradi, S., Kothiyal, A., Bruno, B., & Dillenbourg, P. (2023). Evaluation of teachers' orchestration tools usage in robotic classrooms. <i>Education and Information Technologies</i> , 29, 3219-3256. <a href="https://doi.org/10.1007/s10639-023-11909-z">https://doi.org/10.1007/s10639-023-11909-z</a>	Orchestration tools can support teachers in managing robot-based learning activities by providing awareness of students' progress and options for activity management.	Primary school students aged 7-10	Switzerland
Sormunen, K., Lavonen, J., & Juuti, K. (2019). Overcoming Learning Difficulties with Smartphones in an Inclusive Primary Science Class. <i>Journal of Education and Learning</i> , 8(3), 21-34. <a href="https://doi.org/10.5539/jel.v8n3p21">https://doi.org/10.5539/jel.v8n3p21</a>	The study examined how smartphones supported students with learning difficulties (LD) in science classes through three key learning processes: (1) building scientific knowledge and vocabulary, (2) engaging in activity- and inquiry-based learning, and (3) enhancing communication and collaboration. The use of smartphones allowed students to capture learning moments, use multimodal approaches for note-making, and foster collaboration, gradually becoming an integral part of inclusive pedagogy.	Primary school	Finland

Reference	Learning Processes in Mathematics	Age/ Grade Level	Country
Strømme, T. A., & Furberg, A. (2015). Exploring teacher intervention in the intersection of digital resources, peer collaboration, and instructional design. <i>Science Education</i> , 99(5), 837-862. <a href="https://doi.org/10.1002/sce.21181">https://doi.org/10.1002/sce.21181</a>	The study investigates how teachers intervene to support students' conceptual understanding in computer-supported collaborative learning (CSCL) settings. It examines how teacher interventions help students balance the use of digital resources, peer collaboration, and instructional design. Key learning processes include the development of scientific understanding through peer discussions and the teacher's role in guiding students in applying scientific concepts during collaborative projects.	Secondary school (Ages 16-17)	Norway
Trigueros, M., Sandoval, I., & Lozano, M.-D. (2020). Ways of acting when using technology in the primary school classroom: contingencies and possibilities for learning. <i>ZDM</i> , 52, 1397-1409. <a href="https://doi.org/10.1007/s11858-020-01171-9">https://doi.org/10.1007/s11858-020-01171-9</a>	Technology can create unexpected situations that teachers can use as opportunities to promote student learning and awareness of misunderstandings.	Primary school	Mexico
Viberg, O., Grönlund, Å., & Andersson, A. (2023). Integrating digital technology in mathematics education: a Swedish case study. <i>Interactive Learning Environments</i> , 31(1), 232-243. <a href="https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1770801">DOI:10.1080/10494820.2020.1770801</a>	The study illustrates how students' self-study in mathematics with MathAid, despite offering theoretical materials, examples, and tasks, is limited by inadequate curriculum integration and a lack of engagement and guidance from teachers.	Upper secondary school	Sweden
Yildiz, H., & Gokcek, T. (2018). The development process of a Mathematic teacher's technological pedagogical content knowledge. <i>European Journal of Educational Research</i> , 7(1), 9-29. <a href="https://doi.org/10.12973/eu-jer.7.1.9">doi:10.12973/eu-jer.7.1.9</a>	In-service training can help mathematics teachers integrate technology, such as GeoGebra, into their teaching and develop their technological pedagogical content knowledge (TPACK).	Secondary school (9th and 10th grade)	Turkey



Reference	Learning Processes in Mathematics	Age/ Grade Level	Country
<p>Wilkerson-Jerde, M. H., Gravel, B. E., &amp; Macrander, C. A. (2015). Exploring shifts in middle school learners' modeling activity while generating drawings, animations, and computational simulations of molecular diffusion. <i>Journal of Science Education and Technology</i>, 24(2-3), 396-415. <a href="https://doi.org/10.1007/s10956-014-9497-5">https://doi.org/10.1007/s10956-014-9497-5</a></p>	<p>The study investigates how students engaged in scientific modeling using various representational technologies, including drawing, stop-motion animation, and computational simulations, to explore molecular diffusion. The learning processes focused on modeling cycles, problem-solving, mechanistic reasoning, and the iterative refinement of models, which deepened students' understanding of diffusion. The research emphasizes the importance of integrating multiple representational forms in supporting students' sustained engagement and conceptual development.</p>	<p>Middle school (Grade 6)</p>	<p>USA</p>

## Vedlegg

### Metode

Vi startet med å analysere resultatene fra GrunnDigs systematiske kunnskapsoversikter som fokuserer på matematikk og/eller naturfag. Vi har også inkludert nyere systematiske kunnskapsoversikter med utgangspunkt i manuelle søk. I tillegg til disse kunnskapsoversiktene, søkte vi etter primærstudier som undersøker læringsprosesser ved bruk av digitale læremidler, ressurser eller verktøy i matematikk eller naturfag. Fra søkene (se søkestrengene i Tabell 1) i ERIC- og Scopus-databasene identifiserte vi totalt 983 studier: 308 fra ERIC og 675 fra Scopus. Etter fjerning av duplikater stod vi igjen med 900 studier. Under screeningprosessen inkluderte vi studier som fokuserte på læringsprosesser i matematikk og/eller naturfag på barneskolen, ungdomsskolen eller i videregående opplæring. Kriteriene var at studien måtte beskrive og diskutere læringsprosessen med digital teknologi, dermed ble flertallet av kvantitative studier som måler læringsutbytte uten å beskrive læringsprosessen ekskludert. Vi begrenset oss til kun å inkludere publiserte, fagfellevurderte tidsskriftartikler. Til slutt, inkluderte vi til sammen 54 studier.

Vi analyserte studier innen matematikk og naturfag separat. For å innlede analysen gikk vi gjennom fokus i alle inkluderte studier innen matematikk og kategoriserte dem tematisk i følgende kategorier: Roboter og programmering, Applikasjoner og programvare, VR (virtuell virkelighet), AR (utvidet virkelighet) og digitale spill, digitale fortellinger og digital vurdering. I hver kategori begynte vi analysen ved å syntetisere funn fra de inkluderte systematiske kunnskapsoversiktene, kode hovedfunnene fra dem, og hente informasjon disse oversiktene kunne gi om læringsprosessen bak resultatene. Deretter gjennomgikk vi primærstudiene nøye for hver kategori og

kodet beskrivelsene av læringsprosesser, identifiserte hvilke typer læringsprosesser studiene antyder kan fremme elevers engasjement og forståelse tenkning i matematikk. Vi analyserte disse prosessene nøye ved å vurdere lærerens, elevenes, teknologiens og matematikkens rolle i prosessen, samt hva oppgaven var. Basert på dette syntetiserte vi funnene for en vellykket læringsprosess i hver kategori. Vi identifiserte også utfordringene i disse prosessene og syntetiserte dem. Resultatene er koblet sammen med funnene fra de systematiske kunnskapsoversiktene, slik at vi først presenterer funnene fra oversiktene og deretter diskuterer syntesene fra primærstudiene som utdypet funnene fra oversiktene. Alle de inkluderte studiene er først presentert i tabellform i hver kategori, og deretter har vi syntetisert funnene fra dem. I tillegg til syntesene, er noen av læringsprosessene beskrevet mer detaljert for å illustrere relasjonene nærmere. AI ble benyttet i noen deler av dataekstraheringen og syntetiseringen av resultatene.

## Søkestenger

Søkestengene i søkene i ERIC og Scopus 22.2.2024

Database	Search string
ERIC	TI ( ( (math* OR science* OR physics OR chemistry OR biology OR geography OR STEM) AND ("primary school" OR "secondary school" OR "elementary school" OR "primary education" OR "secondary education" OR "elementary education" OR "k-12" OR "k12") AND ("touch screens" OR "digital technology" OR "games" OR "programming" OR "simulations" OR "AI" OR "artificial intelligence" OR "computers" OR "iPad" OR "Chromebook" OR "PC" OR "laptop" OR "smartphone" OR "iPhone" OR "ICT" OR "devices" OR "applications" OR "software" OR "virtual reality" OR "augmented reality" OR "AR" OR "VR" OR "MR" OR "mixed reality" OR "web-based" OR "multimedia" OR "interactive" OR "e-books" OR "digital textbooks" OR "online forums" OR "discussion boards" OR "learning management systems" OR "LMS" OR "digital assessments" OR "e-assessments" OR "educational apps" OR "coding tools" OR "cloud computing" OR "social media" OR "adaptive learning technologies" OR "data analytics" OR "robotics" OR "digital laboratories" OR "virtual labs") AND (observations OR "learning processes" OR collaboration OR "teacher roles" OR "role of" OR "student-teacher interaction" OR "teacher-student relationship" OR "technology integration" OR "pedagogical practices" OR "teaching methods" OR "learning outcomes") ) ) OR AB ( ( (math* OR science* OR physics OR chemistry OR biology OR geography OR STEM) AND ("primary school" OR "secondary school" OR "elementary school" OR "primary education" OR "secondary education" OR "elementary education" OR "k-12" OR "k12") AND ("touch screens" OR "digital technology" OR "games" OR "programming" OR "simulations" OR "AI" OR "artificial intelligence" OR "computers" OR "iPad" OR "Chromebook" OR "PC" OR "laptop" OR "smartphone" OR "iPhone" OR "ICT" OR "devices" OR "applications" OR "software" OR "virtual reality" OR "augmented reality" OR "AR" OR "VR" OR "MR" OR "mixed reality" OR "web-based" OR "multimedia" OR "interactive" OR "e-books" OR "digital textbooks" OR "online forums" OR "discussion boards" OR "learning management systems" OR "LMS" OR "digital assessments" OR "e-assessments" OR "educational apps" OR "coding tools" OR "cloud computing" OR "social media" OR "adaptive learning technologies" OR "data analytics" OR "robotics" OR "digital laboratories" OR "virtual labs") AND (observations OR "learning processes" OR collaboration OR "teacher roles" OR "role of" OR "student-teacher interaction" OR "teacher-student relationship" OR "technology integration" OR "pedagogical practices" OR "teaching methods" OR "learning outcomes") ) )

Database	Search string
Scopus	TITLE-ABS-KEY ( ( math* OR science* OR physics OR chemistry OR biology OR geography OR stem ) AND ( "primary school" OR "secondary school" OR "elementary school" OR "primary education" OR "secondary education" OR "elementary education" OR "k-12" OR "k12" ) AND ( "touch screen*" OR "digital technology*" OR "game*" OR "programming" OR "simulation*" OR "AI" OR "artificial intelligence" OR "computer*" OR "iPad" OR "chromebook" OR "PC" OR "laptop" OR "smartphone" OR "iPhone" OR "ICT" OR "device*" OR "application*" OR "software" OR "virtual*" OR "augmented reality" OR "AR" OR "VR" OR "MR" OR "mixed reality" OR "web-based" OR "multimedia" OR "interactive" OR "e-books" OR "digital textbooks" OR "online forums" OR "discussion boards" OR "learning management systems" OR "LMS" OR "digital assessments" OR "e-assessments" OR "educational apps" OR "coding tools" OR "cloud computing" OR "social media" OR "adaptive learning technologies" OR "data analytics" OR "robotics" OR "digital laboratories" OR "virtual labs" ) AND ( observation* OR "learning process*" OR collaboration* OR "teacher role*" OR "role of" OR "student-teacher interaction" OR "teacher-student relationship" OR "technology integration" OR "pedagogical practices" OR "teaching methods" ) ) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2025 AND NOT ( "higher education" ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) )



Bruk av digital teknologi i matematikk- og naturfagundervisning:  
En rapport basert på systematiske kunnskapsoversikter og primærstudier

---

@Kunnskapssenteret 2022  
Distribusjon: Kunnskapssenter for utdanning  
Universitetet i Stavanger  
4036 Stavanger

<https://www.uis.no/kunnskapssenter>  
Tlf: 51 83 00 00

Referanse Nr. KSU 4/2024  
ISBN 978-82-8439-296-7



Kunnskapssenter  
for utdanning

---

Universitetet i Stavanger