

Teknologi og programmering for alle

En faggjennomgang
med forslag til endringer
i grunnopplæringen- august 2016

Anders Sanne

Ola Berge

Berit Bungum

Eva Celine Jørgensen

Anders Kluge

Tor Espen Kristensen

Knut Martin Mørken

Anne-Gunn Svorkmo

Liv Oddrun Voll

Forord

Denne rapporten er skrevet av en ekstern arbeidsgruppe oppnevnt av Utdanningsdirektoratet. Gruppen har bestått av representanter fra skolesektoren og UH-sektoren:

- Anders Sanne, NTNU. Leder for arbeidsgruppa
- Ola Berge, Senter for IKT i utdanningen
- Berit Bungum, NTNU
- Eva Celine Jørgensen, Ruseløkka skole
- Anders Kluge, Universitetet i Oslo
- Tor Espen Kristensen, Stord vidaregåande skule
- Knut Martin Mørken, Universitetet i Oslo
- Anne-Gunn Svorkmo, Nasjonalt senter for matematikk i opplæringen
- Liv Oddrun Voll, Nasjonalt senter for naturfag i opplæringen

Mandatet er gitt av Utdanningsdirektoratet:

Arbeidsgruppa skal foreta en faggjennomgang av teknologi i grunnopplæringen. Gruppen skal levere en rapport som gir beslutningstakere et kunnskapsgrunnlag om hvilken kompetanse fremtidens elever skal ha innenfor teknologi og teknologirelaterte emner. I dette ligger digitale ferdigheter og programmering. Arbeidsgruppa skal:

1. *Belyse begrepet teknologi, inkludert programmering*
2. *Analysere og vurdere omfanget av teknologi i grunnopplæringen i dagens skole*
3. *Sammenligne tilbudet av teknologirelaterte fag, inkludert programmering, i grunnopplæringen i Norge med tilbudet i noen relevante land (fellesfagene)*
4. *Presentere relevant forskning knyttet til teknologi og elevers læring i realfag*
5. *Beskrive og vurdere hva digital og teknologisk kompetanse innebærer i det enkelte realfag. I dette inngår vurderinger av om programmering bør inngå som en del av opplæringen i realfagene.*
6. *Beskrive hva gruppa mener grunnopplæringen bør gi av relevant kompetanse i teknologi i det 21. århundret og komme med forslag til endringer i grunnopplæringen*

Gruppen startet arbeidet i januar 2016, og rapporten ble levert i august 2016.

Innhold

Forord.....	3
Innhold.....	5
1 Innledning	7
2 Teknologi og teknologisk kompetanse.....	11
2.1 Teknologi.....	11
2.2 Digital teknologi.....	14
2.3 Teknologisk kompetanse.....	16
2.4 Kompetanse i digital teknologi og programmering.....	18
2.5 Teknologi og programmering i grunnutdanningen.....	19
2.5.1 Hva skal elevene lære?	20
2.5.2 Hvorfor skal elevene lære teknologi og programmering?	22
3 Forskning om teknologi og læring.....	25
3.1 Læring av digital teknologi som kunnskapsområde	25
3.1.1 Elevers digitale kompetanse	27
3.2 Læring med bruk av digital teknologi	29
3.2.1 Digital teknologi i matematikk.....	32
3.3 Læring innen teknologi og realfag.....	34
3.3.1 Integreert undervisning i teknolog i naturfag og matematikk	34
3.4 Oppsummering.....	37
4 Teknologi i norsk skole.....	41
4.1 Generell del av læreplanen	41
4.2 Digitale ferdigheter	43
4.3 Teknologi i grunnskolen.....	44
4.3.1 Fag- og timefordeling	45
4.3.2 Teknologi og design som flerfaglig emne.....	46

4.3.3	Teknologi som valgfag	51
4.3.4	Digital teknologi i matematikk og naturfag	51
4.4	Teknologi i videregående opplæring	55
4.4.1	Teknologi i fellesfagene	56
4.4.2	Teknologi i programfagene.....	57
4.5	Oppsummering.....	60
5	Teknologi og programmering som skolefag i andre land	63
5.1	Teknologi i læreplaner og standarder	63
5.1.1	Sverige.....	64
5.1.2	Finland	65
5.1.3	England.....	66
5.1.4	USA	67
5.2	Programmering i skolen.....	69
5.3	Oppsummering.....	73
6	Anbefalinger.....	75
	Referanser	79
	Vedlegg: Programmering i matematikk.....	89

1 Innledning

Vi er omgitt av menneskeskapt gjenstander og systemer. Alle disse gjenstandene og systemene og kunnskapen om dem kaller vi teknologi. Teknologi spenner fra enkle redskaper til avansert, moderne datateknologi. Det meste av det vi gjør i løpet av en dag, involverer mange typer teknologi. Dagens barn og unge møter teknologi i hjemmet, på skolen og i fritiden, og langt de fleste er svært aktive brukere av teknologi. Den digitale teknologien skiller seg ut ved en fleksibilitet som gjør den allestedsnærværende og integrert i mange andre teknologier. Nøkkelpetanser i digital teknologi er systematisk problemløsning, programmering og forståelse av sammenhenger og komponenter.

Den teknologiske utviklingen går stadig raskere, og teknologiens plass i samfunnet må gjenspeiles i skolen. Teknologisk allmenndannelse betyr å kunne anvende, analysere og videreutvikle gjenstandene vi omgir oss med, og innebærer en grunnleggende kunnskap om hvordan teknologiske systemer er satt sammen og fungerer. Noen elever vil i fremtiden være med på å utvikle ny teknologi som er viktig for samfunn, økonomi, miljø og levestandard. Alle elever trenger en utdanning som gjør dem i stand til å forholde seg til teknologi i hverdagen, ta stilling til dilemmaer som den teknologiske utviklingen genererer, og forstå hvordan teknologi kan fremme eller hemme en bærekraftig utvikling.

Elevene skal ikke bare fungere i samfunnet, men også sette preg på, utvikle og gi retning til framtidens samfunn. Vi må derfor sikte langt høyere enn at de bare skal ha ferdigheter til å bruke dagens teknologi. Det må legges til rette for at elevene kan få lære og forstå de grunnleggende prinsippene som ligger bak teknologien, slik at de kan ta kontroll over den og kreativt utvikle den til sitt eget og fellesskapets beste. I denne sammenhengen er det helt sentralt at elevene får innsikt i og erfaring med grunnleggende teknologiske prinsipper og digital teknologi - inkludert programmering.

Teknologi er et eget kunnskapsområde med praktiske og kreative elementer. Elevene må få erfare at teknologi er en arena der de kan bruke både hender, hode og skapende evner. Et kjennetegn på teknologi er at det er et redskap, skal fylle en oppgave og ha en funksjon i et større hele. Produktene og systemene som utvikles, må få en form og en struktur, det vil si et design. Teknologi og design er tett forbundet. Elevene må få skape enkle og mer sammensatte teknologiske produkter med ulike materialer og teknikker. De må ikke bare studere, men også utforme og designe modeller av teknologiske systemer. Elevene må selv få programmere en datamaskin til å utføre oppgaver.

Teknologi har vært en del av grunnskolen i form av det obligatoriske, flerfaglige emnet *teknologi og design* siden innføringen av Kunnskapsløftet i 2006. I tillegg har ungdomstrinnet fått valgfaget *teknologi i praksis*, og fra høsten 2016 starter en forsøksordning med *programmering* som valgfag. Men erfaring tyder på at den obligatoriske teknologiundervisningen blir systematisk nedprioritert, og at teknologifagets plass i skolen og læreplanverket er for svak. Flere land har de siste årene innført teknologi, noen også programmering, som eget fag i grunnutdanningen. I løpet av denne perioden har man høstet erfaringer med hva som er hensiktsmessig organisering av teknologi i utdanningen. Et tydelig resultat er at teknologifaget må gjøres synlig på egne premisser, med egne læringsmål og med dedikerte ressurser til faget. Utvikling av lærernes kompetanse og faglige identitet er et sentralt moment.

Arbeidsgruppa foreslår at teknologi innføres som et eget obligatorisk fag i grunnskolen. Et slikt nytt teknologifag må inkludere programmering og digital teknologi som en betydelig komponent.

Teknologi og programmering
som et eget obligatorisk fag i
grunnskolen

Mandatet handler om teknologi, inkludert digitale ferdigheter og programmering, i grunnopplæringen. Rapporten består av fem deler, og den skal gi beslutningstakere et kunnskapsgrunnlag om hvilken kompetanse fremtidens elever skal ha innenfor teknologi og teknologirelaterte emner.

Kapittel to beskriver teknologi som kompetanseområde. Vi ser på hva teknologisk kompetanse består av og deler teknologisk kompetanse inn i tre hovedkategorier. Digital teknologi behandles spesielt, og vi beskriver kompetanse i digital teknologi. Sist i kapittel to ser vi på hva elevene bør få av teknologisk kompetanse gjennom grunnutdanningen, og vi begrunner hvorfor teknologi og programmering bør være en sentral del av en felles allmenndannende skole.

I kapittel tre går vi gjennom eksisterende forskning om teknologi og læring. Vi ser på hva forskning sier om programmering som grunnlag for elevers læring, effekten av læring gjennom å integrere teknologi med andre fag og læring i andre fag gjennom å bruke digital teknologi.

I kapittel fire analyserer vi status på teknologi i dagens grunnutdanning - både i grunnskolen og i videregående opplæring. Vi gjennomgår dagens læreplaner og presenterer kunnskap om praksis og status i norsk skole i dag. I samråd med Utdanningsdirektoratet

har vi begrenset oss til grunnskolen og utdanningsprogram for studiespesialisering i videregående opplæring. Teknologi i de yrkesfaglige utdanningsprogrammene er ikke behandlet.

Teknologi har i løpet av de siste tiårene blitt innført som eget fag i skolen i mange land. I kapittel fem tar vi for oss noen utvalgte land, og presenterer valg og erfaringer som vi mener er interessante for norsk skole.

Til slutt kommer arbeidsgruppas anbefalinger om teknologi og programmering som fag i grunnskolen. Disse blir presentert i kapittel seks.

2 Teknologi og teknologisk kompetanse

Mennesker har til alle tider laget ting. Vi er omgitt av menneskeskapte gjenstander og systemer som datamaskiner, klær, bygninger og bøker. Samlingen av slike gjenstander og kunnskapen om dem kaller vi teknologi (ITEA, 2007). Teknologi er en integrert del av vår hverdag. Det er en selvfølge at det lyser i lampen når vi trykker på bryteren, at vannet renner når vi skrur opp krana, og at vi kan høre programmer på radioen. Andre ganger forbløffes vi over hvor langt den teknologiske utviklingen har kommet. Vi kan sette kjøretøy på Mars som kan samle informasjon, vi kan detektere og analysere stråling fra verdensrommet og med dette få kunnskap om universets begynnelse, og vi kan gå inn i de minste bestanddelene av cellen og modifisere DNA. Det vi gjør i løpet av en vanlig dag, involverer mange typer teknologi, i fritid, arbeid eller utdanning.

I denne delen av rapporten gjør vi rede for begrepet teknologi og diskuterer hva teknologisk kompetanse er, og hva elevene bør lære. Teknologi kan naturlig deles inn i ulike domener, for eksempel bioteknologi, elektronikk, energiteknologi og digital teknologi. De siste tiårene har særlig den digitale teknologien gjennomgått en rask og omfattende utvikling med store konsekvenser for fritid, skole, arbeids- og samfunnsliv. Digital teknologi brukes dessuten ofte til å styre annen teknologi. Digital teknologi og kompetanse i digital teknologi står derfor i en særstilling og omtales for seg.

2.1 Teknologi

Teknologi stammer fra det greske ordet *techne* som oftest oversettes med kunst (som i snekkerkunst), håndverk eller ferdighet. Herbert Simon (1996) kaller teknologi vitenskapen om det kunstige. Det omfatter analyse, utvikling og anvendelse av teknologiske produkter. Teknologi bygger på håndverkstradisjonene, men omfatter i dag både digital teknologi, herunder programmering, og de ulike ingeniørdisiplinene. Det kreative og utøvende i utforming, utvikling og design av produkter er en sentral del av teknologien.

En pinne som ligger på bakken, er en del av naturen. Men når et menneske tar den opp og bruker den som et redskap, er det teknologi (Sundin, 1991). Hjulet, kilen og spettet er andre former for enkel teknologi og er blant de første byggeklossene for videre teknologisk utvikling. Teknologi kan utvikles og forbedres, og ny teknologi bygger videre på eksisterende teknologiske prinsipper og teknikker. En bensinbil består av de samme grunnprinsippene i dag som da den første bilen med forbrenningsmotor ble utviklet, selv om den er kraftig videreutviklet, forbedret og effektivisert. Andre ganger er det ikke

den samme teknologien som utvikles og forbedres, men det oppstår helt nye teknologiske produkter. Jetmotoren i fly baserer seg på et helt annet prinsipp enn de motorene som var brukt i tidligere fly. Man tok komponenter fra et annet teknologidomene, produksjon av elektrisitet, og satte dem sammen på en ny måte for å fylle en helt annen funksjon. Dette illustrerer at teknologi er modulær (består av moduler eller byggeklosser), og at teknologiske innovasjoner skjer når modulene tas fra et område, tilpasses og forbedres og anvendes på en ny og annerledes måte. Etter hvert som teknologien utvikler seg, blir det flere moduler som kan settes sammen på nye måter (Arthur, 2009). Kompetanse om teknologi er derfor for en stor del kompetanse om ulike moduler, hvordan de fungerer, og prinsipper for hvordan ulike moduler kan kombineres, såkalt systemkunnskap.

Et teknologisk produkt eller system kjennetegnes ved at det er et redskap, skal fylle en oppgave eller ha en funksjon. Produktene og systemene som utvikles, må få en form, og teknologi og design er tett forbundet. Begrepet design kan ha mange betydninger. Det kan være et verb som betyr å skape eller å formgi, det kan være et substantiv og refererer da til en bestemt form eller et spesielt design. Det kan også være et adjektiv i ord som designkjøkken og gi assosiasjoner til image, eksklusivitet og kvalitet (Dahlin, Svorkmo, & Voll, 2013). I forbindelse med teknologi refererer ordet design også til hvordan de forskjellige komponentene er satt sammen i et system for å oppnå maksimal ytelse (engineering design) (Farstad, 2001). Design handler ikke bare om hvordan ting ser ut, men også om hvordan de fungerer (Walker, 2003).

Også ikke-materielle «oppfinnelser» som demokratiske valgordninger eller parkeringsbestemmelser har en funksjon og skal fylle en oppgave, men disse betraktes vanligvis ikke som teknologi. Det er imidlertid rimelig å anse et dataprogram som simulerer eller administrerer en valgordning eller parkeringsbestemmelser, som teknologi. Et dataprogram kan inneholde en representasjon av noe ikke-materielt som for eksempel en bankkonto, grammatikken til et naturlig språk, eller til og med meningsinnholdet i en tekst. Den digitale teknologien utvider med andre ord nedslagsfeltet for teknologi til å inkludere et bredt spekter av både fysiske og abstrakte fenomener.

Moderne teknologi som nano- eller bioteknologi bygger på inngående kunnskaper innen naturvitenskap og materialkunnskap helt ned på molekyl- eller atomnivå. Etter hvert som teknologien har utviklet seg og blitt mer avansert, bygger den i større grad på naturvitenskapelig kunnskap. Samtidig er utviklingen av kunnskap i naturvitenskapen

helt avhengig av teknologiske hjelpemidler. Det er med andre ord nært slektskap mellom de to fagområdene, og de er gjensidig avhengige av hverandre. Tilsvarende vekselvirkninger ser vi også mot andre fagområder. Moderne teknologi bruker matematikk, og teknologien endrer hvordan man arbeider med matematikk (se avsnitt 4.5). Med den omfattende teknologiske utviklingen er det stadig flere teknikker og moduler som kan settes sammen på nye måter, og som krysser over til nye bruksområder. Mulighetene som ligger i prosessering av store datamengder, fleksibilitet, styring og kontroll innenfor den digitale teknologien, tyder på at den teknologiske utviklingen vil gå enda raskere i framtiden.

Svært mye av dagens teknologi er basert på naturvitenskapelig kunnskap ved at teknologien ofte utnytter ulike naturvitenskapelige prinsipper. På den annen side er teknologi og naturvitenskap fagområder med utgangspunkt i ulike fagtradisjoner med ulike siktemål. Naturvitenskapens mål er primært *å forstå* verden, mens teknologiens mål primært er *å løse problemer og skape noe nytt*. Produktene er også ulike: Vitenskapen produserer tanker, begreper, ideer, lover og teorier, mens teknologien produserer gjenstander og systemer. Vi kan si at vitenskapen er preget av «know why» og teknologien av «know how» (Sjøberg, 2009). Teknologi blir ofte betraktet som anvendt naturvitenskap, men dette er både begrensende og forenkende (Bungum, 2003). Det er *begrensende* fordi naturvitenskap bare utgjør ett av mange elementer i en kompleks og sammensatt kunnskapsbasis. I teknologi må man, i tillegg til den naturvitenskapelige kunnskapen, benytte seg av kunnskap om håndverk, formgivning, økonomi, markedsføring og reklame. Man må trekke inn kunnskaper fra psykologi, sosiologi og mange andre fagdisipliner (Sjøberg, 2009). Og den er *forenkende* fordi den antyder at det er en enkel og direkte vei fra naturvitenskapelig erkjennelse eller teorier til anvendelsen som ligger i et teknologisk framskritt. Ofte er det ikke slik. Man kan for eksempel ha gode kunnskaper om hvordan en sykkel virker, uten å ha inngående kjennskap til de naturvitenskapelige begrepene kraft og energi eller de kjemiske egenskapene til metaller. Det samme gjelder også omvendt. Man kan godt kjenne de naturvitenskapelige begrepene uten å kunne omsette denne kunnskapen til et teknologisk produkt. Veien til et teknologisk

Teknologi og naturvitenskap er forskjellige fagområder med ulike fagtradisjoner. Naturvitenskapens mål er å forstå verden, mens teknologiens mål er å løse praktiske problemer.

produkt har ikke nødvendigvis gått via naturvitenskapelig kunnskap. Teknologihistorien er like lang som menneskeheten, og ofte har teknologisk kunnskap kommet først, og i etterkant har man klart å forklare virkemåten ved hjelp av naturvitenskapelige prinsipper.

Teknologi påvirker i stor grad enkelt-individer, organisasjoner og samfunn.

Fagområdet teknologi omhandler også arbeidsliv og organisasjonsutvikling. Et teknisk system må ses i sammenheng med dem som bruker det, og som får sin arbeidsdag påvirket av tekniske endringer. Slik blir organisering, omorganisering og ny eller endret teknologi en del av den samme utviklingsprosessen. Teknologi endrer dessuten livet til hver enkelt av oss og bidrar til hvordan vi skaper vår identitet som mennesker, og hvordan vi kommuniserer med omgivelsene. Teknologiske produkter signaliserer tilhørighet til visse verdier og til grupper. Vi kan si at vi delvis skaper vår identitet ved å velge å ta i bruk en teknologi, og hvordan vi presenterer oss selv ved hjelp av teknologien. Det er også slik at hverdagen til hver enkelt av oss har endret seg mye på grunn av teknologiens bruksmuligheter. Mediebruk, kommunikasjonsmønstre og handlevaner er i endring, og det er i stor grad den digitale teknologien som driver fram mange av disse endringene.

2.2 Digital teknologi

Vi har sett at teknologi har preget og drevet samfunnsutviklingen gjennom årtusener. De siste tiårene har dette særlig vært preget av den digitale teknologien, og denne teknologien vil sannsynligvis fortsette å endre måten vi utfører våre daglige oppgaver i årene som kommer.

Kjernen i digital teknologi, eller datateknologi, er en programkode som utføres på små og store datamaskiner. Programkoden eller programmet er en sekvens av kommandoer som datamaskinen så kan utføre. Kjernekompetansen i digital teknologi, såkalt algoritmisk tenkning, er dermed å kunne løse et problem ved hjelp av en sekvens av kommandoer, altså et dataprogram. Noen slike programmer viser seg å være generelt nyttige, og de kan da lagres som nye kommandoer som kan brukes ved problemløsning. På denne måten utvikles datateknologien gradvis til å løse stadig mer komplekse og mangfoldige oppgaver.

Vi har tidligere beskrevet hvordan vi løser problemer og skaper ny teknologi ved å sette sammen kjente moduler eller byggeklosser. Beskrivelsen i det foregående avsnittet illustrerer hvordan dette gir seg uttrykk i digital teknologi. Samtidig er det viktig å understreke at datateknologien på fundamentalt vis har endret hele teknologiområdet, dels ved at helt nye, ofte abstrakte problemstillinger kan adresseres, og dels ved at teknologiske byggeklosser kan gjøres mer fleksible og kobles sammen på andre måter når de utstyres med en liten datamaskin.

Selv om digital teknologi naturlig er en del av teknologiområdet, er den digitale teknologien så slagkraftig og mangfoldig at det er fruktbart å se på digital teknologi som et kunnskapsområde i seg selv og som et verktøy på mange andre kunnskapsområder. Det er i hovedsak tre årsaker til den sentrale og gjennomgripende posisjonen digital teknologi har fått.

For det første er den digitale teknologien svært fleksibel. Den kan brukes til å styre og kontrollere annen teknologi. Datamaskiner styres gjennom et dataprogram, og ved å endre programmet kan vi raskt og fleksibelt styre og endre de oppgavene en datamaskin skal utføre. Mennesket kommuniserer med datamaskinene, og maskinene kommuniserer med hverandre gjennom nettverk. Flexibiliteten og tilgjengeligheten til den digitale teknologien har ført til at den nå er integrert i mange andre teknologier, og den digitale teknologien har dermed blitt en slags metateknologi. Det er dette som gjør at digital teknologi påvirker nær sagt alle fagområder og store deler av samfunnet.

For det andre har ytelsen til datamaskinene økt dramatisk over mange år, og nettverkene datamaskinene bruker for å kommunisere, har gjennomgått tilsvarende kapasitetsøkninger og blitt mer tilgjengelige. Datamaskiner kan gjennomføre 10^{16} regneoperasjoner i sekundet, og de kan prosessere, søke i og analysere store datamengder. Dette gjør at beregninger som før var svært ressurskrevende, nå kan gjennomføres raskt og effektivt. I tillegg er datamaskinene blitt betydelig mindre i størrelse. Ytelsen til superdatamaskiner som for noen tiår siden var store som et helt rom, overgås nå av våre mobiltelefoner. Samtidig har ulike former for trådløs kommunikasjon åpnet nye muligheter og gjort digital teknologi tilgjengelig på en helt annen måte enn tidligere.

For det tredje forener digital teknologi mange ulike typer informasjon i et felles system. Tekst, lyd, bilder, video og alle andre typer informasjon som kan kvantiseres (måles og gjøres

om til tall), kan representeres og bearbeides i en datamaskin og overføres mellom datamaskiner i et standardisert nettverk. Smarttelefonen er mobiltelefon, musikkspiller, fotoapparat, videokamera, GPS, nettleser, betalingsterminal og mye annet.

2.3 Teknologisk kompetanse

All teknologi er basert på materialer, teknikker, ideer og prinsipper. De mest grunnleggende av dem kan vi kalle det «teknologiske alfabetet», de grunnleggende byggeklossene. Avhengig av sitt spesifikke teknologiske fagområde behersker en profesjonell teknolog en passende del av dette «alfabetet» og kan kombinere teknikker, materialer og prinsipper på ulike måter for å skape noe nytt med en gitt funksjon.

Teknologens kunnskap er handlingsorientert, knyttet til den aktuelle konteksten og gjerne sammensatt av kunnskaper fra ulike felt. Det er hverken realistisk eller hensiktsmessig at elevene i grunnopplæringen skal opparbeide seg innsikt i hele det vitenskapelige kunnskapsgrunnlaget for ulike teknologier. Imidlertid bør de få innblikk i og praktisk erfaring med kunnskapsformer og arbeidsmåter fra forskjellige teknologiske fagområder knyttet til verktøy, materialbruk og grunnleggende prinsipper. For eksempel kan elever innenfor elektronikk få lære praktisk bruk av koblingsbrett og loddebolter, og samtidig lære om funksjonene til ulike komponenter som dioder og transistorer i en krets. Elevene kan ikke forventes å avlede slik teknologisk innsikt ut fra kunnskaper i matematikk og naturfag, siden kunnskapen er i en annen form.

Teknologifaget gir store muligheter for kreativ utfoldelse i videre forstand enn kanskje noe annet skolefag. Dette har sammenheng med at et gitt teknologisk problem som regel kan løses på mange måter, begrenset av visse rammer og noen grunnleggende prinsipper. Samtidig kan den samme tekniske løsningen ofte varieres på mange måter, for eksempel med ulike materialvalg og ulik estetisk utforming. Ikke minst skal mange teknologiske produkter kunne brukes av mennesker, slik at brukerorientering og vurdering av brukergrensesnitt må være et sentralt tema.

Teknologisk kompetanse er beskrevet på ulike måter i faglitteraturen (Ropohl, 1997; Staudenmaier, 1985). Felles er at de forsøker å fange opp et spekter fra tekniske ferdigheter

Teknologisk kunnskap kan grovt deles i tre kategorier:

- Praktisk og begrepsmessig kunnskap
- Kunnskap om utvikling av teknologiske produkter
- Kunnskap om teknologi og samfunn

og arbeidsmåter til mer generell teorifundert kunnskap. Teori og praksis er her ikke to sider av samme sak; hele spekteret av kunnskapsformer er representert i teknologisk arbeid.

I en studie som sammenfatter innspill fra et stort antall eksperter, kom Rossouw, Hacker, & de Vries (2011) fram til fem generelle hovedkategorier av teknologisk kunnskap. Disse kategoriene er design, systemer (artefakter, struktur, funksjon), modellering, ressurser (materialer, energi, informasjon) og verdier (for eksempel bærekraft og risiko). Med utgangspunkt i denne studien (Rossouw mfl., 2011) og vår beskrivelse av teknologisk kunnskap ovenfor, finner vi det hensiktsmessig å operere med tre hovedkategorier som bør inngå i et grunnleggende, allmenndannende teknologifag i grunnskolen.

Praktisk og begrepsmessig kunnskap omfatter blant annet kunnskap og ferdigheter som bare kan tilegnes gjennom øving. Elevene må få erfaring ved å trene på å bruke ulike verktøy, materialer og teknikker gjennom praktiske oppgaver som er tilpasset alder og forutsetninger. Programmering har elementer av den samme praktiske kunnskapen som også må tilegnes gjennom øving. Denne kategorien omfatter et kognitivt kunnskapselement som er karakteristisk for teknologi. Vi kan kalle dette «ingeniørkunnskap» som består av et sett prinsipper som elevene må lære. I et skolefag er det dette som er det teknologiske alfabetet. Slike prinsipper kan være kraftoverføring, virkemåten til en diode eller syntaksen i et programmeringsspråk. Elevene bør starte med å få erfaring med enkle prinsipper som er tilpasset egen alder og forutsetninger, for så å se og oppdage hvordan disse er anvendt i teknologiske produkter i vår hverdag. Slik kan teknologisk kompetanse og forståelse bygges gradvis opp ved at elevene starter med å lage noe enkelt som de senere modifierer og bruker til å skape noe nytt.

Kunnskap om utvikling av teknologiske produkter er kunnskap om prosessen fra idé til et ferdig produkt. Stegene i prosessen, ofte kalt designprosess eller problemløsningsprosess, er i stor grad gjentagende og uavhengig av hva som skal produseres. Det er stort rom for kreativitet, det er mange valg som skal tas, og det er flere veier fram til målet. Som for mange andre fag foregår teknologisk aktivitet innenfor gitte rammer. Å løse et problem innenfor slike rammer, for eksempel tilgjengelig materiell, sikkerhetshensyn og tidsrammer, krever kreativitet, disiplin og selvinnsikt, noe det må øves på og læres gjennom erfaring. Det er også viktig å få erfaring med å kommunisere prosessen fra idé til ferdig produkt for å kunne begrunne sine valg og løsninger. Elevene trenger en struktur som gir gode rammer å arbeide innenfor, og som repeteres slik at de kan gjenkjenne det generiske i prosessen gjennom arbeidet med ulike prosjekter.

Kunnskap om teknologi og samfunn handler om å forstå konsekvensene av den teknologiske utviklingen. Teknologi har gjennom historien preget samfunnet så sterkt at det har gitt navn til historiske epoker som steinalder, industrialder og romalder. Teknologi er viktig for den økonomiske utviklingen og har vidtrekkende konsekvenser for hvordan vi lever. Derfor er det vesentlig at elevene kan forholde seg til teknologien i hverdagen, reflektere over teknologiens muligheter og begrensninger, ta stilling til etiske dilemmaer og forstå hvordan teknologi kan fremme eller hemme en bærekraftig utvikling. Dette krever grunnleggende fortrolighet med kunnskapen som ligger i de to første kategoriene. Kunnskap om teknologi og samfunn inkluderer også kunnskap om hvilke faktorer som driver den teknologiske utviklingen videre, i hvilken grad samfunnet er modent for et teknologisk produkt, og kunnskap om salgbarhet, innovasjon og entreprenørskap (Dahlin mfl., 2013).

2.4 Kompetanse i digital teknologi og programmering

Datateknologi står så sentralt både innen teknologi og i dagens samfunn at kompetanse i digital teknologi og programmering fortjener en egen beskrivelse og en tydelig plass i skolen.

Kompetanse i digital teknologi består av å kunne bruke en datamaskin, men også av å forstå hvordan den fungerer og styres, slik at vi kan endre dens funksjonalitet og ta teknologien i bruk på nye områder. I dagens læreplan er kompetanse i digital teknologi begrenset til digitale ferdigheter. Hva dette omfatter, er nærmere beskrevet i avsnitt 4.2. Behovet for digital kompetanse i dagens samfunn går imidlertid langt utover det som er beskrevet som digitale ferdigheter i læreplanen.

Programmering vil si å bryte et gitt problem ned i et sett av kommandoer og så få en datamaskin til å utføre disse kommandoene.

Det å løse et problem gjennom å spesifisere en presis sekvens av kommandoer kalles *algoritmisk tenkning* eller algoritmisk problemløsning, og en slik presis sekvens av kommandoer kalles en algoritme. En algoritme kan sammenlignes med en matoppskrift, en strikkeoppskrift eller en regneoppskrift i matematikk. *Programmering* handler om å utforme algoritmer i et programmeringsspråk som en datamaskin kan tolke. Kombinasjonen algoritmisk tenkning og programmering er slagkraftig og mangfoldig. Det gjør det for eksempel mulig å systematisere, strukturere, avgrense og analysere en del av virkeligheten for så å lage et dataprogram som utfører en spesifikk oppgave knyttet til denne

virkeligheten. Men det kan også være å skape en ny virkelighet ved å utvikle et dataspill eller å utforme en ny måte å kommunisere på.

Det fins mange forskjellige programmeringsprinsipper og programmeringsspråk. Profesjonelle programmeringsspråk som Java, Python og C++ er som regel tekstbaserte, men det fins også grafiske språk som blant andre Alice og Scratch. I grafiske språk foregår programmeringen ved å koble sammen ulike grafiske symboler. Inngangsterskelen blir dermed lav, og grafiske språk egner seg godt for de første alderstrinnene på skolen.

Algoritmisk problemløsning handler om å omforme et generelt problem til en form som kan løses ved hjelp av programmering. Prosessen fra idé til produkt er en kreativ problemløsningsprosess. Det må tas valg når det gjelder hvordan maskin og menneske skal utveksle informasjon, hvordan informasjonen skal struktureres, hvilke algoritmer som skal brukes for ulike delproblemer, og det er ofte nødvendig med kunnskap om fagområdet som problemet er hentet fra. Det er lett å bli blendet av alle de nye mulighetene som den digitale teknologien avdekker, men det er også viktig å skape bevissthet om teknologiens begrensninger og konsekvenser. Personvern og informasjonssikkerhet er viktige temaer i en slik sammenheng. Disse temaene grenser opp mot fag som filosofi og etikk. Vi ser dermed at teknologi med programmering gir mange innfallsvinkler til et bredt spektrum av problemstillinger i ulike fag, og til dels fagovergripende spørsmål knyttet til skolens allmenndannelse.

I denne rapporten har vi valgt å fokusere på programmering og algoritmisk tenkning som rammen rundt kompetanse om digital teknologi. Dette er kjernen i fagområdet *informatikk* som kan defineres som læren om hvordan datasystemer designes, konstrueres og brukes, og faget handler om *programmering, design, datamaskinarkitektur, nettverk og systemer*. Sentrale problemstillinger i informatikk er spørsmål som: Hvordan er en datamaskin bygd opp, hvordan utveksles data mellom datamaskiner, hvordan kan forskjellige former for informasjon sendes på et felles format, og hvordan sikre datakommunikasjonen mot forskjellige typer avbrudd og snoking?

2.5 Teknologi og programmering i grunnutdanningen

Mandatet ber arbeidsgruppa beskrive hva vi mener grunnopplæringen bør gi av relevant kompetanse i teknologi i det 21. århundret, og komme med forslag til endringer i grunnopplæringen.

Arbeidsgruppa foreslår at det opprettes et nytt obligatorisk teknologifag i grunnskolen. Faget skal omfatte teknologi og programmering, og det skal være et praktisk fag hvor

elevene tilegner seg grunnleggende teknologisk kompetanse. Algoritmisk tenkning og programmering skal ha en betydelig plass i faget.

Det nye faget vil gi alle elever en forståelse for de grunnleggende prinsippene i teknologi og programmering. Dette vil gi et langt bedre grunnlag for fornyelse av de øvrige skolefagene, ikke minst naturfagene og matematikk, enn det som er tilfellet i dagens skole. Eksisterende fag kan ikke alene dekke hele spekteret av teknologisk kunnskap. En fornyelse av eksisterende fag er derfor nødvendig, men ikke tilstrekkelig. Dette er omtalt i senere kapitler, og et eksempel fra matematikk er beskrevet i vedlegget.

Det ligger utenfor arbeidsgruppas mandat å gi en detaljert beskrivelse av kompetansemål for det foreslåtte faget *teknologi og programmering*. Men vi vil likevel indikere noen overordnede rammer og antyde hvilken kompetanse elevene bør ha etter 10. trinn. En detaljert beskrivelse av et slikt nytt fag er en omfattende oppgave og må overlates til en eventuell læreplanprosess. Våre forslag er verken ment å være uttømmende eller begrensende for hva et slikt framtidig skolefag kan være.

2.5.1 Hva skal elevene lære?

I gjeldende læreplan for naturfag (Utdanningsdirektoratet, 2013b) står det at teknologi «dreier seg om å planlegge, utvikle, framstille og vurdere funksjonelle produkter». Dette må også ivaretas i det nye faget og innebærer at elevene må utvikle kompetanse innenfor alle de tre kategoriene av teknologisk kompetanse som vi har definert tidligere i kapitlet.

Teknologi og programmering må ha en tydelig progresjon gjennom hele grunnskolen, og det skal være et praktisk fag. For å kunne arbeide utviklende og kreativt må elevene bli kjent med noen grunnleggende byggeklosser gjennom å lære om og få praktisk erfaring med teknikker, prinsipper, materialer og verktøy innenfor noen utvalgte teknologiområder. Dette kan skje gjennom små praktiske øvinger eller ved å løse enkle oppgaver

Arbeidsgruppa foreslår at det opprettes et nytt obligatorisk teknologifag i grunnskolen. Faget skal omfatte teknologi og programmering, og det skal være et praktisk fag hvor elevene tilegner seg grunnleggende teknologisk kompetanse.

Et nytt teknologifag vil danne grunnlag for fagfornyelse av de øvrige skolefagene.

hvor det er rom for å prøve og feile. Det finnes mye god undervisningserfaring i norsk skole i det flerfaglige emnet teknologi og design. Kompetanse og erfaringer er samlet over tiår, og velfungerende undervisningsopplegg er kjent fra klasserom over hele Norge. Fellesnevner for disse undervisningsoppleggene er en praktisk tilnærming, med gode rammer og tydelige mål (Briså, Ingebrigtsen, & Jørgensen, 2006; Naturfagsenteret, udatert; Skår, 2012a). Erfaring med teknologiundervisning har gitt oss innsikt i at kreativitet i teknologiske designoppgaver forutsetter et utgangspunkt. Når elevene mangler dette grunnlaget, vil elevaktiviteten preges av tilfeldig prøving og feiling (Esjeholm & Bungum, 2013). Elevene må først lære og få erfaring med enkle, grunnleggende prinsipper i små lærerstyrte oppgaver, før kunnskapen etter hvert kan anvendes i større, åpnere og mer sammensatte oppgaver.

Praktisk og begrepsmessig kunnskap i algoritmisk tenkning og programmering handler om å utvikle egne programmer ved hjelp av ulike programmeringsspråk. I dette inngår å bruke og forstå grunnleggende prinsipper i programmering, slik som løkker, tester, variabler, funksjoner og enkel brukerinteraksjon. Også i programmering er det viktig at faget har god progresjon. Elevene må bli kjent med byggeklossene gjennom å modifisere eksempler, og ved å prøve og feile før de kan utvikle egne programmer. Det vil være naturlig å starte med et enkelt, grafisk programmeringsspråk på barnetrinnet, og så gå over til tekstbaserte språk. Det må være et mål at elevene kan formulere presise algoritmer for å løse relevante problemer både fra teknologifaget og fra andre skolefag.

Elevene må utvikle prosesskompetanse gjennom en progresjon i størrelse og kompleksitet i oppgavene. Det bør være et mål for opplæringen at elevene etter endt grunnskole kan designe og lage et produkt som løser et gitt, forholdsvis enkelt problem innenfor gitte rammefaktorer. Produktet kan være et program eller en fysisk gjenstand, men digital teknologi bør være en sentral del av produktet. Elevene kan utarbeide en kravspesifikasjon for produktet og lage det basert på den kunnskapen og de erfaringer de har tilegnet seg gjennom hele grunnskolen. Videre bør elevene kunne redegjøre for og reflektere rundt prosessen som førte fram til produktet (idé, gjennomføring, valg, optimering, produkt). De bør også ha et bevisst forhold til brukermedvirkning og brukergrensesnitt både spesifikt i utviklingen av produktet og mer generelt. Elevene skal videre kunne reflektere over muligheter og begrensninger i selve produktet og kommunisere om virkemåten på en hensiktsmessig måte.

Endelig må elevene kunne reflektere over hvilke konsekvenser bruken av teknologiske produkter har, både positive og negative. I dette inngår innsikt i hvordan teknologi bedrer våre levekår, gjør livet enklere for den enkelte og bidrar til åpenhet og demokrati. Men de må også få kunnskap om hvordan teknologi samtidig kan bidra til å krenke den enkelte, og hvordan den kan påvirke samfunn, sikkerhet og miljø.

2.5.2 Hvorfor skal elevene lære teknologi og programmering?

Det viktigste en generasjon kan gjøre, er å forberede den kommende generasjonen på det samfunnet som ligger foran. Teknologisk kunnskap er helt grunnleggende for å fungere i framtidens samfunn. Skal vi ivareta grunnleggende verdier i det norske samfunnet, må vi derfor sørge for at denne kompetansen når ut til alle elever. Kompetansen dreier seg om, er ikke primært en brukerkompetanse, men en grunnleggende forståelse som setter de unge i stand til å ta kontroll over teknologien og være med på å utvikle den til sitt eget og samfunnets beste. Det norske samfunnet bygger på grunnleggende verdier som demokrati, likhet, likeverd, likestilling og respekt for mangfold. Dette forutsetter at innbyggerne forstår de sentrale, grunnleggende ideene og de prinsippene som preger samfunnet. Dermed er bred kunnskap om teknologi et viktig element i det å sørge for at disse verdiene kan forbli grunnleggende for samfunnet vårt. Ikke minst er det viktig for å unngå et teknologisk eller digitalt klasseskille i samfunnet. Norske gutter og jenter er svært tradisjonelle når det gjelder fag- og yrkesvalg. Flere gutter enn jenter velger teknologiske valgfag, programfag og yrkesfag. Når teknologi blir et obligatorisk fag i skolen, vil fagområdet i større grad åpnes for jentene. Et slikt obligatorisk fag vil også ha potensiale til å utjevne sosiale forskjeller, men det krever at bredden i teknologifaget utnyttes til å nå ulike elevgrupper.

Et obligatorisk teknologifag i grunnskolen gir svært gode muligheter for å ivareta og videreutvikle andre sider av skolen. Elevene får oppleve mestring i et praktisk fag der de er med og skaper teknologi. Faget vil i stor grad bidra til å øke det kreative innslaget i skolen i vid forstand. Teknologi står i dag sentralt i utøvelsen av omtrent alle fag, ikke bare som verktøy, men som katalysator for faglig utvikling. Særlig for videre utdanning innen yrkesfag vil praktiske ferdigheter og prosesskompetanse danne et verdifullt grunnlag.

Det er vanskelig å trekke skoleing i teknologi og programmering inn i skolefagene på annet enn en overfladisk måte dersom hvert fag selv må sørge for den grunnleggende opplæringen. Dersom alle elevene får opplæring i et eget teknologifag, vil det gi mulighet til faglig fornyelse av de øvrige skolefagene. Elevene kan for eksempel ta i bruk og

bygge videre på det de har lært av programmering i fag som matematikk, fysikk, musikk, kunst og håndverk, økonomi, samfunnsfag og en rekke yrkesfag.

Teknologien møter oss på svært mange områder, og det gir store muligheter for å kunne tilpasse prosjekter og oppgaver til elevenes personlighet og interesser. En dypere kunnskap om teknologi vil gi elevene en annen forståelse og mestring av teknologien som de selv bruker hver dag. Teknologi har et stort mangfold av anvendelser og kan overskride de vanlige fagoppdelingene i praktiske fag, teoretiske fag, omsorgsfag, humanistiske fag, samfunnsfag og realfag. Teknologi er på ulike måter viktig i de fleste yrkesveier. Grunnskolen skal gi elevene et grunnlag for videre utdanning og gjøre dem i stand til å ta gode yrkesvalg.

Teknologi innføres nå som fag i en rekke land, og flere land tar også inn algoritmisk tenkning og programmering i sine læreplaner. En felles obligatorisk grunnutdanning i teknologi vil både danne et verdifullt grunnlag for videre utdanning og gi alle elever et likeverdig tilbud uavhengig av kjønn. Faget vil videre gi elevene erfaring med innovasjon og nytenking og danne grunnlag for å fornye andre fag. *Framework for 21st Century Learning* (P21, 2015) har definert fire kjerneområder for læring. Teknologisk kompetanse inngår i alle de fire kjerneområdene og er særlig framtrødende i områdene Learning and Innovation Skills og Information, Media and Technology Skills. Det er bred enighet om at innovasjon og nytenking er en nøkkel for framtidig verdiskapning i samfunnet. Det foreslåtte teknologifaget er en god mulighet til å gi alle elevene egne erfaringer med innovasjon og nytenking. Dette er ikke snever teknologikompetanse, men et tankesett som kan brukes som en tilnærming til mange fag.

3 Forskning om teknologi og læring

I dette kapitlet sammenfatter vi forskningslitteratur om temaet teknologi og læring. Først behandler vi forskning som dreier seg om læring av digital teknologi som et eget kunnskapsområde med vekt på programmering og algoritmisk tekning. Så har vi en gjennomgang av kunnskapsstatus knyttet til norske elevers digitale ferdigheter. Deretter følger en gjennomgang av forskning om læring der digital teknologi er et virkemiddel. Her legger vi ekstra vekt på teknologibruk i matematikk. I denne rapporten anbefaler arbeidsgruppa en innretning for undervisning av kunnskapsområdet teknologi i skolen. Vi har derfor tatt med en gjennomgang av forskning om organisering av teknologiundervisningen.

3.1 Læring av digital teknologi som kunnskapsområde

Programmering er en sentral del av digital teknologi som kunnskapsområde. Som kompetanse og som et element i faget kan vi si at programmering integrerer mange sider av det som heter informatikk i Norge og computer science i mange engelskspråklige land. Studier i informatikk har gjerne programmering som inngangsporten til faget.

Siden tidlig på 1970-tallet har det vært eksperimentert med å lære barn og unge programmering. Papert (1980) utviklet språket Logo for å gjøre programmering appellerende for unge elever. Ideene ble videreutviklet og koblet opp mot og sett i sammenheng med læringsteorier. Logo-as-latin ble på 90-tallet fremmet som en utdanningspolitisk reform som gikk langt utover det å lære elever programmering som en ferdighet. Den forskningen som fulgte, klarte ikke å vise tydelig overføring fra kompetanse i programmering til kompetanse på andre områder (Koschmann, 1997).

Sfärd & Leron (1996) viser i en artikkel hvordan inkrementell tekning, nemlig å angripe et problem trinnvist som en programmeringsoppgave, gjør at elever har mulighet til å løse et problem som de ellers har store vansker med. Denne tentative tilnærmingen med

Programmering er

- en ferdighet
- en måte å forstå de grunnleggende mekanismene i digital teknologi
- en tilegnelse av algoritmisk tekning som har likhetspunkter med matematisk logikk

utvikling i trinn er også studert av Schön (1992), delvis relatert spesifikt til det å designe noe, men også som en generell tilnærming til læring. Schön viser hvordan det å utvikle objekter ved å gjøre små endringer og studere konsekvensen av dem fram mot et ferdig resultat, fanger opp noe av den generelle kompetansen man kan tilegne seg ved programmering (Schön, 1992).

Som et resultat av digitaliseringen de siste 20 årene har det kommet en ny bevegelse med utspring i informatikk- og læringsforskere i USA. Sammenstilt i begrepet *computational thinking* (som vi kaller algoritmisk tenkning på norsk) blir kompetanse med utspring i programmering sett i en bredere sammenheng.

Resonnementene i denne litteraturen er mer logiske enn empiriske, og de er baserte på en analyse av hvilken kompetanse det er behov for i et arbeidsmarkedet i årene framover. Det er en måte å løfte fram algoritmisk tekning som en kjernekompetanse for det 21. århundre. Det er også spredte forsøk på å studere dette empirisk. For eksempel finner Léon & Robles (2015) at et høyt nivå på algoritmisk tekning gir gode resultater i engelsk. Et tidligere funn er for eksempel at bruken av datamaskiner innen elektronikk kan bidra til mer fleksibilitet og kreativitet i elevprosjekter (Barak, 2005). Men når det gjelder hvordan denne algoritmiske tekningen kan gi generell overføringsverdi, er forskningen for sparsom til å kunne trekke konklusjoner.

For å møte fremtidens behov for kompetanse ser man *algoritmisk tenkning* som det å kunne

- abstrahere
- gjennomgå informasjon systematisk
- lære å lese og å forstå forskjellige representasjonsformer
- modularisere
- resonere i iterative og parallelle strukturer

Grover & Pea (2013) stiller spørsmål om algoritmisk tekning kan bidra til at elevene

- kan bli aktører med konstruktiv, kreativ kompetanse med digital teknologi og få en opplevelse av egenkontroll med teknologien
- kan få hjelp til å analysere konsekvenser av teknologiutviklingen på samfunns- og organisasjonsnivå og på sosialt og individuelt nivå

Slike spørsmål går utover forskningsresultater og innebærer en diskusjon om hva fremtidens samfunnsborgere skal beherske og forstå. Ved å beherske de språklige konstruksjonene og ved å ha ferdighet i å programmere kan opplevelsen av å være en aktør styrkes, og vi kan komme i en posisjon til å bruke teknologien kreativt. Vi kan også tenke oss at denne typen kunnskap om teknologiens oppbygning og byggeklosser bør kunne gi noen analytiske hjelpemidler for å forstå muligheter og begrensninger ved teknologien. Denne kunnskapen bør også vise hvordan vi selv kan komme i posisjon til å bruke den kreativt og være en aktør med kontroll over teknologien. Dette er imidlertid et område det er gjort lite forskning på i skolesammenheng.

Den andre siden Grover & Pea peker på, er å tenke seg at forståelse av teknologien som samfunnsformer, som drivkraft i organisasjonsendring og -utvikling og som sosial endringskraft og faktor i livene til hver enkelt av oss, kan bli styrket ved at vi kjenner til de enkelte byggesteinene og virkemåten til en datamaskinen. Spesielt det som retter seg mot muligheten til bedre å forstå sammenhenger der teknologi inngår, dvs. de samfunnsmessige, organisatoriske, sosiale og individuelle konsekvensene som er sterke, og som sannsynligvis forstekes ytterligere i årene framover. Dette vil bli en analytisk kompetanse som kan gjøre elever i stand til å sette teknologien inn i en større sammenheng.

Den forskningen som dreier seg om undervisning og læring av programmering som fag, er preget av at det først og fremst er i høyere utdanning dette har foregått. Oppsummert støtter forskningen en tilnærming til å lære programmering som en gradvis tilegnelse gjennom trinnene bruk, modifisering og konstruksjon (Lee mfl., 2011). Det vil si at elevene begynner med å bruke en applikasjon, for eksempel et enkelt spill, et objekt som beveger seg, eller en enkel simulering. Så gjør de enkle endringer i applikasjonen og prøver ut hvilke konsekvenser det får, for så gradvis å bevege seg mot å lage egne applikasjoner. Det er grunnlag for å si at forskningen innen læring og undervisning av programmering i skolekontekst er lite utviklet, men at det finnes en mer omfattende litteratur for læring om programmering for høyere utdanning.

3.1.1 Elevers digitale kompetanse

Digital teknologi som kunnskapsområde er i dagens skole primært representert i den grunnleggende ferdigheten «digitale ferdigheter». Elevers digitale kompetanse blir kun i moderat grad gjenstand for vurdering gjennom kartleggingsprøver og eksamener, men vi har forskningsprosjekter hvor dette er studert. Felles for disse er at det ligger til grunn en forståelse av digital kompetanse som samsvarer godt med den grunnleggende ferdigheten fra det norske læreplanverket.

I en større undersøkelse om Informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) i skolen, med deltagelse fra over 20 land over hele verden med forskjellige utgangspunkt for læring og digital teknologi i skolen, inngikk en vurdering av elevers digitale kompetanse. *International Computer and Information Literacy Study (ICILS 2013)* er en komparativ studie der Norge deltok med 2700 elever fra 9. klasse, fordelt på 138 skoler. Resultatene fra studien plasserer det nasjonale gjennomsnittet av norske 9.-klassinger i en gruppe med høyt presterende land, men det er store forskjeller mellom elevene. «Nærmere ¼ av de norske elevene har så svake digitale ferdigheter at de vil ha problemer med å kunne delta fullt ut i skole, yrkes- og samfunnsliv for øvrig» (Hatlevik & Throndsen, 2015). Størstedelen av denne elevgruppen kjenner elementære kommandoer og kan kommunisere digitalt på et elementært nivå, men mestrer for eksempel ikke å lage enkle, digitale produkter og har ikke en forståelse for sikker bruk av IKT.

Skolens betydning for elevenes digitale kompetanse er mindre i Norge enn gjennomsnittet av de 20 landene og utdanningssystemene som deltok i undersøkelsen. 11 % av variasjonen mellom de norske elevenes resultater på den digitale prøven kan tilskrives skolen, mot 30 % internasjonalt (Ottestad, Throndsen, Hatlevik, & Rohatgi, 2014). Et annet viktig funn fra studien er også at alle landene enten allerede har et opplegg for programmering i skolen, eller de har planer om å innføre det. Det eneste unntaket fra dette er Norge.

Et viktig funn fra ICILS 2013 er at en høy andel elever rapporterer at de har lært viktige ferdigheter på datamaskinen utenfor skolen, et forhold som altså har viktige implikasjoner for diskusjonen om digitale ferdigheter, siden det da blir elevenes teknologitilgang og kompetanse og kapasitet i hjemmet og nærmiljøet som avgjør hva de kan.

En nasjonal studie som er gjennomført over flere år, er undersøkelsen *Monitor skole*. Den tar for seg «skolens digitale tilstand» og har i 2009, 2011 og 2013 inkludert en kartlegging av elevers digitale kompetanse på 7. trinn, 9. trinn og Vg2. Funn fra Monitor-undersøkelsene tyder på at kartlagt digital kompetanse henger positivt sammen med skoleprestasjoner (som selvrapporterte karakterer fra forrige semester), selvrapporterte ferdigheter, motivasjon for læring, strategier for å bruke informasjon og elevers familiebakgrunn. Videre viser *Monitor 2013* at elever som opplever at de takler støy og stress med teknologi bra, også har høyere skåre i digital kompetanse. Disse forholdene forklarer en del av forskjellene i elevenes digitale kompetanse.

3.2 Læring med bruk av digital teknologi

Som en konsekvens av økt bruk av teknologi i skolen og i samfunnet ellers er det vokst fram flere forskningsfelt. Datastøttet læring (Technology enhanced learning) handler om det som gjerne kalles e-læring i den kommersielle verden. Sentralt her er hvordan digital teknologi skaper nye muligheter for å bedre kvalitet og effektivitet i lærings- og undervisningsprosesser. Endringene som følger av digitalisering i skolen er pågående og vesentlige (Kluge, 2016). Samtidig er det klart at teknologien ikke kan erstatte det kognitive arbeidet som er nødvendig for å lære nytt innhold og tilegne seg ny kompetanse, men den endrer over tid arbeidsdelingen mellom teknologi og kognisjon (Ludvigsen, 2012). Dermed endres også arbeidsbetingelsene for skolen, lærere og elever.

Digital teknologi endrer arbeidsbetingelsene for lærere og elever i skolen.

Det kan være lett å overfokusere på teknologiske muligheter og glemme hvilke forutsetninger og endringsprosesser som er nødvendige for å kunne dra nytte av nye digitale løsninger i læring og undervisning. Stor optimisme er knyttet til nye undervisningsformer som for eksempel store nettkurs i høyere utdanning og etter- og videreutdanning (NOU 2014:5, 2014). Vi har også fått undervisnings- og læringsteknikker som *flipped classroom*, som er mer skolerettet, og der teknologibasert «undervisning» foregår hjemme og oppgaveløsning på skolen (Bishop & Verleger, 2013).

Kunnskapscenteret for utdanning i Norges forskningsråd fikk i 2013 utarbeidet en *State of the field*-rapport om status på forskning om IKT og læring (Wasson & Morgan, 2013). Rapporten identifiserer følgende sentrale forskningstema på feltet IKT og læring: *Learning designs*, *Collaborative systems* og *Intelligent tutoring systems*. Forskningskartleggingen peker på at utviklingen drives oftere fram av teknologiske nyvinninger, enn av grunnleggende forskningsspørsmål knyttet til pedagogisk design, undervisning eller læringsutfordringer.

En norsk studie fra videregående opplæring om forholdet mellom bruk av digital teknologi og elevers læringsutbytte er dokumentert i rapporten *Sammenhengen mellom IKT-bruk og læringsutbytte (SMIL) i videregående opplæring* (Krumsvik, Egeland, Sarastuen, Jones, & Eikeland, 2013). Studien viser at elevers sosiale bakgrunn betyr mye for deres prestasjoner i skolen generelt, men også for deres digitale bruksmønster. Både lærere og elever i studien opplever at skolenes satsing på IKT fremmer elevenes skoletrivsel, og

den viser også at denne satsingen øker elevenes digitale kompetanse gjennom det videregående utdanningsløpet. Skal dette ha best mulig vilkår, kommer det tydelig fram i rapporten, at elevene trenger digitalt kompetente lærere som rollemodeller for sin faglige IKT-bruk. Elevene trenger tydelige ledere i klasserommet med et stort metoderepertoar, og som er tett på elevene med underveisvurdering og tilpasset opplæring.

En annen type inngang ble gjort i det nylig avsluttede prosjektet Ark&App i regi av Utdanningsdirektoratet og gjennomført av Institutt for Pedagogikk ved Universitetet i Oslo (Kluge, 2016). Prosjektet omhandler bruken av digitale og papirbaserte læremidler på skolen, og tar for seg 12 caser på tre forskjellige trinn (5. trinn, 8. trinn og Vg1). Studiene er gjennomført med observasjon av læremiddelbruk og klasseromsaktiviteter i matematikk, naturfag, samfunnsfag og historie. En egen delstudie er gjort for å se på bruken av digitale læremidler, ressurser og verktøy på tvers av de 12 casene. Ut fra det samlede materialet i prosjektet konkluderer delstudien med at det gir lite mening å stille spørsmålet om det er digitale eller analoge hjelpemidler som er mest effektivt. Til det er begge for mangefasettede og har innhold og strukturer med for stor spennvidde og variasjon. Det vil være oppbygging, struktur og innholdskvalitet pedagogisk og faglig, som avgjør hvordan læremidler, læringsressurser og verktøy fungerer – sammen med den konteksten de brukes i, kvaliteten på lærerintervensjoner og det pedagogiske opplegget de inngår i. Klasseromsanalysene i Ark&App viser at det er en blandingskultur i de fleste casene, der digitale og analoge læremidler og læringsressurser brukes om hverandre. Videre viser analysene hvordan nettbrett er effektive i enkeltcaser og tilrettelegger for mer dynamikk i læringsprosessene, spesielt i gruppearbeid. I de eksemplene der det er brukt dataspill, skaper de entusiasme, engasjement og aktivitet, men de har i beste fall en uklar læringseffekt. I flere caser der spill er i bruk, viser rapporten til en bevegelse bort fra tema og refleksjonsprosesser, og over mot en optimalisering av elevaktiviteten i retning av mål og konkurranse i spillet, og med det høyfrekvent prøving og feiling med dårlig læringseffekt. Videre viser rapporten til at det er utstrakt bruk av multiple kilder i plenum og gruppearbeid i de 12 casene, og betegner dette som det tydeligste resultatet fra casestudiene.

Både internasjonal og norsk forskning viser at informasjonsautoriteter som lærebøker, leksika, lærere og fagautoriteter blir utfordret av et informasjonsmangfold. Elever eksponeres for komplekse og gjerne flertydige kilder for læring. Dermed øker kravene til elevenes metakognitive kompetanse sammen med en forventning om at de skal kunne opparbeide seg en robust forståelse av komplekse emner (Furberg, Kluge, & Ludvigsen, 2013; Kozma, 2003; Ludvigsen, 2012). Viktige resultater fra forskningen på multiple og mangefasetterte kilder er at interaksjon og aktivitet fremmer elevenes engasjement, men at *for* høyfrekvent aktivitet gir fokus til aktiviteten selv på bekostning av faglig dybde i læringen, og gir dermed også dårligere kår for refleksjon. Aktiviteten kan på den måten bli en drivkraft vekk fra temaet for læringen, i stedet for å fungere produktivt (Kluge & Bakken, 2010). Men med en balanse mellom veiledning fra lærere og opplegg og teknologi som stimulerer til refleksjon, viser en gjennomgang av forskningen innenfor læring av naturfag at elever kan håndtere flertydige kilder og kompleks informasjon og få gode resultater (Smetana & Bell, 2012).

For elevene gir multiple kilder en mer kompleks læringshverdag med mer flertydige kilder for læring, noe som samtidig åpner mulighetsrommet for diskusjoner med lærere og medelever og for læringsproduktive motsetninger. Videre er det klart at den typen kompleksitet elevene skal håndtere når de står overfor mange informasjonskilder, krever prosesser der både elever og lærere har en viss tid til rådighet innenfor et tema (Tang, Tsai, & Lin, 2014). Læring med mange kilder forutsetter også at dybdelæring er et mål, noe som kan stå i motsetning til ferdighetslæring eller læring rettet inn mot spesifikke tester. Slik dybdelæring krever at elevene får utvikle forståelse gjennom aktiviteter og samarbeid (NOU 2014:7, 2014; NOU 2015:8, 2015). Prosjektorganisering av slike læringsprosesser viser gode resultater (se for eksempel Sawyer, 2006). Ved verbalisering i gruppearbeid med teknologistøtte kan elevene engasjere seg i å skape mening i den informasjonsstrømmen de sitter i, og den kan fremme en forståelse som vokser fram over tid. Dette er en viktig del av forskningsområdet datastøttet samarbeid (Computer Supported Collaborative Learning) (Stahl, 2015). Denne forskningen studerer læring som en sosio-kognitiv prosess der elevenes læring ses som en gradvis tilegnelse av et begrepsapparat, av grafiske elementer innenfor et felt eller tema, og der kombinasjonen av teknologistøtte, diskusjoner, veiledning og pedagogiske strukturer står sentralt (Ludvigsen & Mørch, 2011).

For elevene gir bruken av flere kilder en mer kompleks læringshverdag, men det åpner også for nye muligheter.

Viktige elementer i skolesammenheng er den pedagogiske strukturen læreren legger opp til, klargjøring av forventninger, og den faglige innrammingen og begrensningen av det mulighetsrommet elevene skal operere i, såkalt skripting eller orkestrering av prosessen (Fischer, Kollar, Stegmann, & Wecker, 2013). Skripting er en samarbeidsstruktur, gjerne med kontrollpunkter, som elevene skal følge. Orkestrering er en løser styringsform der poenget er å sørge for at læringsprosessen har fremdrift mot et mål, og at mulige korrigeringer kan gjøres.

Små nyanser både i teknologisk design og i pedagogiske strukturer kan utgjøre viktige forskjeller i hvordan vi bruker teknologi (Connolly, Boyle, Macarthur, Hainey, & Boyle, 2012). Den som skal lære, kan stimuleres til å gjøre gode interaktive valg, men skal for eksempel eksperimentering med simuleringer være meningsfullt, er det viktig at det også er mulig å gjøre feil. Er systemet for deterministisk, forsvinner en dimensjon i interaksjonen. Et like viktig designprinsipp er å gi muligheter for aktivitet der de kritiske læringsmulighetene ligger, og ikke ta elevens fokus vekk fra kjerneinnholdet ved for eksempel å designe inn for mange eksterne motivasjonsfaktorer (Habgood & Ainsworth, 2011).

Forskningen på bruk av sosiale medier i læring har først og fremst foregått i høyere utdanning (Dabbagh & Kitsantas, 2012). Når slike studier er gjennomført i skolen, er det gjerne som et samvirke mellom uformell og formell læring (Boticki, Baksa, Seow, & Looi, 2015). Resultatene er mangetydige, men et fellestrekk er at tett oppfølging og en tydelig struktur er nødvendig for at sosiale medier kan bli tatt i bruk på en systematisk måte i skolen (Dabbagh & Kitsantas, 2012).

3.2.1 Digital teknologi i matematikk

Digital teknologi endrer fag og påvirker arbeidsdelingen mellom menneskelig kognisjon og teknologi. Kanskje er matematikk det faget der dette er tydeligst, samtidig som matematikk som fag også ligger kunnskapsområdet teknologi nært på noen områder. Derfor har vi valgt å gjennomgå matematikk spesielt i denne rapporten, også for å gi et eksempel der vi går mer i dybden på muligheter for et fag.

Da digitale verktøy ble introdusert i undervisning på 80-tallet, var det mange som så et stort potensiale for elevenes læringsarbeid. Datamaskinen har et stort potensiale, og mange forventet at den ville revolusjonere måten vi lærer på. Amerikanske NCTM (2000) viser en slik optimisme i *The Technology Principle*:

Calculators and computers are reshaping the mathematical landscape, and school mathematics should reflect those changes. Students can learn more mathematics more deeply with the appropriate and responsible use of technology. They can make and test conjectures. They can work at higher levels of generalization or abstraction.

Mens det på 80-tallet ble hevdet at datamaskinen en dag kunne gjøre slutt på dagens skole, hevder NCTM at lærerens rolle fortsatt vil være viktig for elevenes læring.

Technology cannot replace the mathematics teacher, nor can it be used as a replacement for basic understandings and intuitions. The teacher must make prudent decisions about when and how to use technology and should ensure that the technology is enhancing students' mathematical thinking.

En del av forskningen på bruken av digitale verktøy i matematikkundervisningen spriker tilsynelatende i sine funn. I TIMSS 2003 (Grønmo, Bergem, Kjærnsli, Lie, & Turmo, 2004) ble det avdekket en negativ korrelasjon mellom bruken av datamaskin og matematikkprestasjoner. Clements (2000) peker på fordeler med å bruke digitale verktøy. Rask tilbakemelding fra dataprogrammer når elevene prøver ut nye ideer, oppmuntrer dem til å lage formodninger og utforske disse. Jarrett (1998) hevder at ved å bruke teknologien til å utføre rutinearbeid frigjør den eleven til å fokusere på strategier, og den oppmuntrer til prøve-og-feile-prosesser. Introduksjon av avanserte IT-verktøy (uavhengig av om det handler om datamaskiner eller kalkulatorer) skaper en helt ny didaktisk situasjon, der vilkårene for elevenes virksomhet endres, og det matematiske innholdet påvirkes (Blomhøj, 2003).

Forskning, både teoretisk og empirisk, har dokumentert at digitale verktøy ikke er nøytrale redskap som kan brukes uten at undervisningens form og innhold endres på en avgjørende måte.

I norsk sammenheng er det få studier som ser på effekten av IKT på elevers tradisjonelle læringsutbytte, altså på læringsutbyttet i skolefag. En gjennomgang av litteratur fra fire norske pedagogikktidsskrift i perioden 2002-2014 og alle doktorgradsavhandlinger fra utdanningsvitenskapelige fakulteter ved norske universiteter resulterte i et sett med fem vitenskapelige artikler og ingen avhandlinger (Loi & Berge, 2015). Internasjonalt er det gjort mer av denne typen studier. Et eksempel er en meta-analyse av bruken av IKT for å forbedre resultatopptak i matematikk i grunnutdanningen (Cheung & Slavin, 2013).

Denne analysen viser en positiv, men moderat, effekt av IKT. Artikkelen er også et godt eksempel på kompleksiteten i gjennomføringen av denne typen effektstudier.

Meta-studier angir virkningen av det de skal måle i form av en tallfestet effektstørrelse, og virkningen blir målt ved hjelp av standardiserte tester. En innvending mot denne typen studier er at de ikke forklarer kompleksitet og moderatorer på effekter. Angela McFarlane (2015), for eksempel, kritiserer denne tilnærmingen ved å påpeke at praksiser med teknologi er så varierte, at selv med den enkleste implementeringen er det vanskelig å vite om forskning sammenligner like forhold. Hun argumenterer med at det er måten et verktøy eller en ressurs er brukt på, som er nøkkelen til effekten på læring. Meta-analyser er derfor utfordrende, siden måten en intervensjon er gjennomført på, ikke alltid er presist beskrevet (McFarlane, 2015, s. 138).

3.3 Læring innen teknologi og realfag

Teknologididaktikk (technology education) er et bredt forskningsfelt internasjonalt, og er like sammensatt og komplekst som teknologi som fagfelt i seg selv. Feltet preges av at teknologi i skolen bygger på ulike tradisjoner og ikke har en enhetlig akademisk disiplin å ta utgangspunkt i, slik mange andre skolefag har. En del av forskningen i teknologididaktikk retter seg dermed mot å definere og beskrive teknologi som kunnskapsområde i skolen. Det er også gjort en rekke studier som belyser hva elever og lærere oppfatter at teknologi er. I dette kapitlet vil vi fokusere på erfaringer med integrering av fagene teknologi, naturfag og matematikk, og i avsnitt 4.3.2 vil vi presentere den norske modellen med teknologi og design som et flerfaglig område i læreplanen.

3.3.1 Integrert undervisning i teknolog i naturfag og matematikk

Det er gjort noen studier som ser på læringseffekten av å integrere undervisning i teknologi, naturfag og matematikk. Men forskningen er begrenset både med hensyn til antall studier, antall studenter som har deltatt, og i hvilken grad studiene klarer å identifisere læringsutbyttet.

I engelskspråklige land bruker de betegnelsen «STEM» innenfor utdanning, og den omfatter fagene Science, Technology, Engineering and Mathematics. Engineering er den minst etablerte fagtradisjonen av disse fire. Det er ingen formell definisjon av hva kunnskap i engineering omfatter, men det er en økende enighet om at det omfatter kunnskap om designprosess, rammefaktorer, kriterier, optimalisering og avveining (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014). Det tilsvarende norske begrepet er MNT-fagene (Matematikk, Naturfag og Teknologi). I en utdanningsammenheng omfatter det norske begrepet teknologi begge de engelske begrepene Technology og Engineering.

Becker & Park (2011) har vurdert 28 ulike studier om effekten av integrasjon mellom STEM-fagene. Disse forskningsspørsmålene ble stilt i metastudien:

1. Hva er effekten av å integrere ulike STEM-emner?
2. Hvordan variere effekten av integrert tilnærming med elevens alder?
3. Hvilke typer integrasjon ville mest sannsynlig lede til bedre elevresultater?
4. Hvilket emne av de fire STEM-fagene oppnår mest forbedret læringseffekt ved integrasjon?

Erfaringene fra metastudien (Becker & Park, 2011) tyder på at det er større læringseffekt dersom en integrert tilnærming gjennomføres tidlig i skoleløpet. Integrering av fag på høyere alderstrinn møtte mer motstand på grunn av separate tester i fag og større fagdeling blant lærere. Integrasjon av naturfag og teknologi viste best resultater. Elevene læringsutbytte økte i teknologi, og de ble også noe bedre i naturfag. Disse studiene viste ikke økt læringsutbytte i matematikk ved å integrere matematikkundervisning inn i flerfaglige prosjekter, men studiene rapporterte om at elevene viste større interesse for og større motivasjon for matematikk med en integrert tilnærming.

Elevene oppnådde bedre resultater ved en integrert tilnærming til STEM-fagene, og de viste mer interesse og hadde en mer positiv holdning til fagene. Lærere manglet derimot kunnskap om hvordan integrasjon kunne gjennomføres for å oppnå bedre læringseffekter, og de opplevde liten støtte fra skoleledelsen for å praktisere en integrert tilnærming.

I USA har en gruppe eksperter gjennomført en to års studie for å etablere et forskningsbasert grunnlag for videre utvikling av integrert STEM-utdanning fra 1. til 12.

klasetrinn. Resultatet er dokumentert i rapporten *STEM Integration in K-12 Education. Status, Prospects and an agenda for Research* (Honey mfl., 2014).

Mandatet til gruppen var:

- Identifisere og karakterisere eksisterende integrasjon av STEM-fagene både i skolen og etter/utenfor skolen.
- Vurdere betydningen av en integrert tilnærming mellom STEM-fagene for elevenes læringsutbytte.
- Bestemme og prioritere videre forskningsspørsmål for å oppnå større forståelse for effekten av integrert STEM-utdanning.

Rapporten gir tre anbefalinger for design av en integrert STEM-utdanning:

1. Integrasjon må gjøres eksplisitt. Man kan ikke forvente at studenter ser sammenhenger på tvers av ulike fagområder, representasjoner eller materialer hvis dette ikke gjøres tydelig av læreren. I mange integrerte prosjekter mangler denne støtten fra læreren.
2. Elevenes læring innenfor hvert fagområde må støttes. Det er krevende å se sammenhenger mellom ulike fagdisipliner hvis eleven har for liten kunnskap innen hver fagdisiplin. Eleven bruker heller ikke alltid sin kunnskap innen en fagdisiplin i en integrert kontekst. Elever vil derfor behøve støtte for å anvende sin naturfaglige eller matematiske kunnskap i en teknologisk designprosess, og å tilpasse sin egen forståelse og kunnskap til en naturvitenskapelig forståelse og praksis.
3. Mer integrasjon er ikke nødvendigvis en fordel. De potensielle mulighetene, men også utfordringene som ligger i integrasjon mellom ulike STEM-fag, viser viktigheten av en målbar og strategisk tilnærming til integrasjon mellom STEM-fag som gir kunnskap om potensielle avveininger i kunnskap og læring.

Rapporten peker på tre viktige områder som påvirker både mulighetene og utfordringene som ligger i å integrere STEM-fagene: læreplaner, vurdering og lærerkompetanse.

Læreplaner må aktivt legge til rette for integrert undervisning dersom dette skal bli gjennomført i praksis. Men erfaring viser at det er mindre sannsynlig å oppnå økt læringsutbytte i matematikk enn i naturfag med en integrert tilnærming.

Vurdering vil ofte begrense mulighetene til å integrere fagområder. Eksisterende vurderingsformer har en tendens til å fokusere på kunnskap innenfor hver enkelt fagdisiplin. Store nasjonale og internasjonale tester er de største hindringene for integrasjon mellom fag og innovative læringsformer.

Lærere har ofte begrenset kompetanse innenfor STEM-fagene. Mange lærere har ikke tilstrekkelig kompetanse innenfor sitt hovedområde, og de har ofte svært liten kompetanse innenfor de andre STEM-fagene. Det er derfor vanskelig å gjøre integrasjon eksplisitt og legge til rette for tilstrekkelig støtte for elevene når de skal se sammenhengen mellom kunnskap på tvers av flere fagområder.

Hvis integrert STEM-undervisning skal ha positiv effekt på læring og måloppnåelse, må studentene kunne bevege seg fram og tilbake mellom å tilegne seg kunnskap innenfor hver fagdisiplin og å anvende denne kunnskapen i en flerfaglig kontekst. Elevene må ha

kompetanse i disiplinspesifikk representasjon og være i stand til å oversette mellom disiplinspesifikke representasjoner. Dette kalles «representational fluency». Å delta i praksis som inngår i flere disipliner, for eksempel modellering i engineering, naturfag og matematikk, kan støtte slik «fluency».

Integrasjon mellom STEM-fagene innebærer et tverrfaglig arbeid der hvert av fagene bidrar som selvstendige og likeverdige fag. Det betyr ikke at et av fagene, for eksempel teknologi, er integrert inn i et av de andre fagene.

Det kan tyde på at en integrert tilnærming til STEM-fagene gir muligheter for elever til å delta produktivt og til å engasjere seg i STEM-fagene på en måte som kan påvirke deres identitet knyttet til disse fagene. Det synes som om denne effekten er særlig sterk hos elever som tradisjonelt har strevd med STEM-fagene, og som er underrepresentert i STEM-relaterte utdanninger og yrker.

I Norge er det flerfaglige emnet *teknologi og design* ikke knyttet til naturfagets tradisjonelle identitet og metoder, og mange lærere opplever at de ikke har den kompetansen som skal til for å undervise i teknologi. Resultatet er at emnet blir systematisk nedprioritert (se avsnitt 4.3.2). Dette svarer til erfaring fra andre land, her representert med et sitat fra David Barlex (2015, s. 163):

Relationships between technology and other subjects that are mutually beneficial can only be developed and sustained if technology has a clear sense of self and its own unique contribution to education. Without this, relationships with other subjects becomes ones in which their educational goals dominate and technology is always the lesser partner, sometimes to the extent that it is no longer true to its unique nature.

3.4 Oppsummering

Det var en bevegelse på 80-tallet for å få programmering inn i skolen, blant annet basert på en forventning om at kompetanse i programmering ga omfattende metakompetanse i andre fag. Forskningen ga imidlertid liten støtte for denne overføringshypotesen, og bevegelsen mistet momentet. De siste 5-8 årene har ideene om programmering i skolen fått økt oppslutning, nå mer på bakgrunn av den store betydningen digital teknologi har fått på alle nivåer i samfunnet. Det er behov for denne typen kompetanse i arbeidslivet, og det er også en nyorientering av bevegelsen på 80-tallet som nå går i retning av det vi kan kalle «computational thinking», og som vi har oversatt med algoritmisk tenking.

Blant annet ser vi at alle de 20 landene i ICILS-studien fra 2013 allerede har programmering i skolen, eller de har planer om å ha det. Unntaket er Norge.

Algoritmisk tenking kan som oppsummering beskrives som en kompetanse i å

- abstrahere
- kunne gjennomgå informasjon systematisk
- lære å tilegne seg og å forstå forskjellige representasjonsformer
- modulisere (dekomponere) problemer og problemstillinger
- resonnerer i iterative og parallelle strukturer

Forskning på bruken av digital teknologi i fag viser hvordan digital teknologi både i Norge og i andre land vi sammenlikner oss med, har blitt en del av klasserommet. Det fører til at monopolet til læreboka faller, og at lærere og elever må håndtere en helt annen informasjonsstrøm. Det handler om multiple kilder for læring og nye representasjonsformer som resulterer i nye arbeidsformer. Det gir gode resultater i form av dybdelæring, men også utfordringer ved å stille økte krav til elevenes metakompetanse. Utviklingen betyr en annen lærerhverdag, med legge til rette for diskusjoner og elevenes eget elevarbeid, håndtering av forskjellige typer representasjoner for elevene og på digitale tavler. Det utvider kravene til læreren både når det gjelder bredde (for eksempel meta-kunnskap og mer elevstyrt læring) og dybde (for eksempel i å forene multiple kilder).

Utfordringene er forskjellige avhengig av fag. Utviklingen stiller krav til elevenes digitale kompetanse, men utfordringene er veldig forskjellige om det er matematikk med for eksempel dynamisk grafikk og regneark, om det er engelsk med oversetterprogrammer og muntlig innlæring, eller om det er samfunnsfag med en blanding av kvantitative og kvalitative læringsressurser.

Forskning viser at gjennomsnittet av norske elever har god digital kompetanse, men at skolen har moderat betydning for å utvikle denne kompetansen, og at det også er en stor elevgruppe med for svak digital kompetanse. Elevers digitale kompetanse henger tett sammen med deres sosioøkonomiske status.

Det er gjort forsøk på å måle effekten på læringsutbyttet generelt ved å ha digitale hjelpemidler, men digitale ressurser er for mangefasettete til at det gir mening å stille spørsmålet på den måten.

Omfanget av internasjonal forskning på en integrert tilnærming til STEM-fagene er moderat, men indikerer at en slik integrasjon gir muligheter for læring innenfor hver fagdisiplin, for læring på tvers av fagdisiplinene og for utvikling av interesse og identitet knyttet til STEM-fagene. En viktig forutsetning for dette synes imidlertid å være at integrasjon mellom STEM-fagene innebærer et tverrfaglig arbeid der hvert av fagene bidrar som selvstendige og likeverdige fag.

4 Teknologi i norsk skole

Læreplanverket for Kunnskapsløftet (LK06) i grunnskolen og i videregående opplæring danner fundamentet for opplæringen i skole og bedrift. Kunnskapsløftet består av læreplaner for fag, en generell del, prinsipper for opplæringen, fag- og timefordelingen og tilbudsstrukturen. Teknologi er omtalt flere steder i læreplanverket. Den sentrale plassen teknologi har i våre liv og i samfunnet, kommer tydeligst til uttrykk i den generelle delen av læreplanen. Men teknologi er også med i læreplanene som et flerfaglig emne, som valgfag på ungdomstrinnet og i enkelte fag i videregående opplæring. Digitale ferdigheter er en av de fem grunnleggende ferdighetene i skolen, og inngår derfor i alle fag.

I dette kapitlet starter vi med å sammenfatte det som står om teknologi i den generelle delen av læreplanen. Deretter beskriver vi digitale ferdigheter som en av de fem grunnleggende ferdighetene. Så ser vi på grunnskolen, på fag og timefordelingen, på læreplaner for fag, og på hva elever skal lære i teknologi som et obligatorisk og flerfaglig emne. Teknologi som valgfag, fagspesifikk digital teknologi i realfag og digitale ferdigheter blir omtalt. Teknolog i videregående opplæring blir så beskrevet. Vi ser først på hva elevene skal lære i teknologi i de obligatoriske fellesfagene, og deretter tar vi for oss de realfaglige programfagene. Vi oppsummerer kapitlet med en kort analyse og vurdering av omfanget av teknologi i dagens skole.

4.1 Generell del av læreplanen

Den generelle delen av læreplanen ble innført av Kirke-, utdannings- og forskningsdepartementet i 1993. Teknologi er nevnt i mange sammenhenger i de sju kapitlene - i det meningssøkende mennesket, det skapende mennesket, det arbeidende mennesket, det allmenndannende mennesket, det samarbeidende mennesket, det miljøbevisste mennesket og det integrerte mennesket.

Teknologi defineres i den generelle delen som de framgangsmåter menneskene har utviklet for å nå sine mål, for å arbeide lettere og samarbeide bedre. Teknologi gir hjelpemidler for å lage og gjøre ting – dyrke jord, veve klær, bygge hus, lege sykdom eller reise til lands, til vanns eller i luften. I et historisk perspektiv markerer teknologien store epoker i menneskenes historie. I et utviklingsperspektiv har teknologien endret alle menneskelige ytringsformer - eksemplifisert ved byggeskikk, transport, ernæring, boktrykkerkunst, film og musikk. Samlet sett har den teknologiske utviklingen gjort menneske-

nes kår mindre naturbestemt og mer samfunnsbestemt. Vårt samfunns velferd og eksistens er basert på et høyteknologisk arbeidsliv. Teknologien har innvirkning på menneskers liv og helse, den kan forbedre livskvaliteten til mennesker og frigjøre tid i hverdagen. Teknologi har i bred forstand satt dype spor i forholdet mellom mennesker når det gjelder arbeidsfordeling, maktforhold, klasseskiller og kriger. Positive og negative sider blir trukket fram ved å vise til at teknologien for eksempel har lettet menneskers liv, men har også ført til at nye våpen har utvidet rekkevidden og omfanget av konflikter.

Læreplanen peker på at prøving og feiling er en naturlig del av praktiske, skapende og problemløsende prosesser. Menneskene har steg for steg forbedret teknologi, verktøy og maskiner slik at oppgavene har blitt løst bedre. Slike forbedringer har gjennom historien gjort sitt til at levevilkårene stadig er brakt framover. Teknologi blir i flere sammenhenger nevnt i forbindelse med verdier, sikkerhet og etikk. Når et samfunn blir stadig mer drevet av teknologi, så krever strømmen av teknologiske funn en bred kunnskap for å unngå «vitenskapelig analfabetisme». Det er viktig at ny teknologisk kunnskap deles av alle grupper i befolkningen for å unngå å skape sosiale ulikheter og kjønnsforskjeller. I forbindelse med internasjonalisering og tradisjonskunnskap står teknologi sammen med forurensing, konkurranse på arbeidslivsfronten i et verdensmarked og formidling og innvirkning fra moderne media.

Miljø og avansert teknologi blir sett i sammenheng med å skape nye varer til å løse tradisjonelle problemer ved å bruke mer fantasi og fornuft. I forbindelse med naturfag, økologi og etikk nevnes teknologi som noe et moderne samfunn baserer seg på, og som blir brukt på framgangsmåter og hjelpemidler for å omdanne naturens råstoffer til menneskenes formål. Utvikling av ny teknologi er et felt for å utfolde fantasi og skaperkraft som igjen kan berike den enkeltes og samfunnets kultur. Men ny teknologi har også utvidet rommet for inngrep både i menneskelivet og i naturen slik at anvendt vitenskap og teknologi har hatt negative konsekvenser. Atomsprengninger, sur nedbør og drivhuseffekt er trukket fram som eksempler. I et miljøperspektiv ses teknologi i samspillet mellom økonomi og økologi. Å sikre bærekraftig utvikling i vår tid er både en kunnskapsmessig og moralsk utfordring.

Det som står om teknologi i den generelle delen av LK06, kan sammenfattes i tre punkter:

- Teknologiens positive og negative sider i et historisk perspektiv og et utviklingsperspektiv sett i forhold til enkeltmennesket, til medmennesker og til ulike grupperinger av mennesker, både lokalt og globalt.
- Teknologi sett i forbindelse med miljø, verdier, sikkerhet, etikk, kreativitet og innovasjon.
- Teknologi som en del av allmenndannelsen med et minimumskrav til grunnleggende kompetanse, innsikt og forståelse.

Teknologi og digital teknologi har vært og er i stadig utvikling, og endringene skjer fort. Vi har fått mye ny teknologi siden læreplanen ble skrevet i 1993, og digital teknologi er ikke eksplisitt nevnt i den generelle delen. Teknologiens mangfoldighet slik den er sammenfattet i de tre punktene ovenfor, har et annet innhold og en annen betydning i dag enn da læreplanen ble skrevet. Den generelle delen av læreplanen skal nå fornyes (Meld. St. 28 (2015-2016), 2016). I den nye utgaven vil det være naturlig å trekke inn den pågående digitaliseringen av samfunnet.

4.2 Digitale ferdigheter

Digital kompetanse i dagens skole handler om *digitale ferdigheter* som en av fem grunnleggende ferdigheter. Å bruke digitale verktøy ble innført som en av fem grunnleggende ferdigheter med Kunnskapsløftet i 2006. De fire andre grunnleggende ferdighetene er regning, lesing, skriving og muntlige ferdigheter. I 2012 ble det foretatt en revisjon av de grunnleggende ferdighetene, og et rammeverk (Utdanningsdirektoratet, 2012) med definisjoner og progresjonsbeskrivelser ble lansert. Samtidig ble betegnelsen *å bruke digitale verktøy* endret til *digitale ferdigheter*. Digitale ferdigheter defineres slik i rammeverket:

Digitale ferdigheter vil si å kunne bruke digitale verktøy, medier og ressurser hensiktsmessig og forsvarlig for å løse praktiske oppgaver, innhente og behandle informasjon, skape digitale produkter og kommunisere. Digitale ferdigheter innebærer også å utvikle digital dømmekraft gjennom å tilegne seg kunnskap og gode strategier for nettbruk.

Med revisjonen i 2012 kom det en synlig dreining fra et utelukkende verktøyperspektiv til å inkludere kommunikasjon, holdninger til og forståelse av IKT-bruk. Området *digital dømmekraft* ble tillagt stor vekt i tillegg til kritisk refleksjon over bruken av teknologi og andre dannelsesaspekter (Johannesen, Øgrim, & Giæver, 2014). Området *produsere og bearbeide* har lite fokus på skapervirksomhet knyttet til teknologi, for eksempel program-

mering og mer utviklingsorientert teknologisk kompetanse, slik vi har beskrevet i kapittel 2. Sammensatte tekster er det eneste digitale produktet som blir omtalt eksplisitt i progresjonsbeskrivelsen av området. I tillegg inngår kjennskap til opphavsrett og digital kildebruk.

Grunnleggende, digitale ferdigheter har i LK06 status som redskap for læring i alle fag og som forutsetning for at eleven skal kunne vise sin kompetanse. Mål for utviklingen av digitale ferdigheter er integrert i kompetansemålene for det enkelte fag. Det finnes ikke selvstendige mål for digitale ferdigheter i læreplanverket, og ferdighetene må dermed forstås og vurderes på det enkelte fags premisser. I læreplaner for fag finnes en generell beskrivelse av den digitale ferdigheten i konteksten for det enkelte faget, og der er det definert hvordan digitale ferdigheter skal forstås innenfor faget. I kompetansemålene for faget blir den digitale ferdigheten synlig der hvor den er vurdert til å bidra til utviklingen av fagkompetansen og er en del av den.

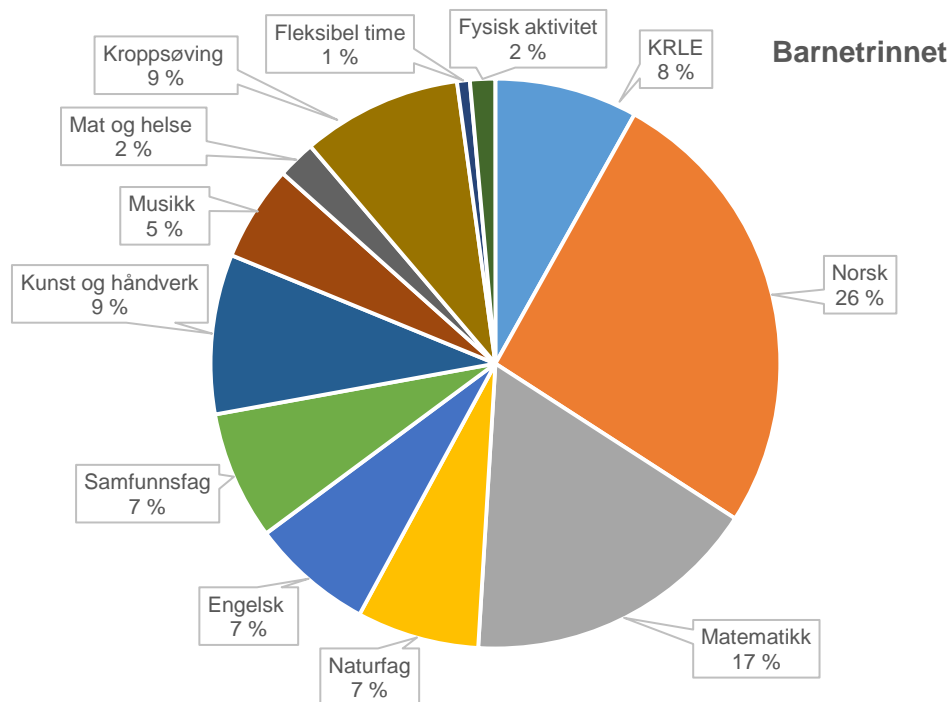
EU har definert et rammeverk for digital kompetanse (Ferrari, 2013). Dette rammeverket har en del fellestrekk med digitale ferdigheter slik de er definert i det norske rammeverket (Utdanningsdirektoratet, 2012), men det er også noen forskjeller. EUs rammeverk deler digital kompetanse inn i fem områder: informasjon, kommunikasjon, skape innhold, sikkerhet og problemløsning. I dette rammeverket er grunnleggende verktøykompetanse integrert i de fem områdene og ikke angitt som et eget punkt eller område. Sammenligner vi EUs rammeverk med beskrivelsen av digitale ferdigheter i det norske læreplanverket, ser vi at sikkerhet (informasjonssikkerhet og sikker enhetsbruk) ikke er inkludert i våre digitale ferdigheter. Digitale ferdigheter i skolen er nært knyttet til digital kompetanse slik det er beskrevet i EUs rammeverk (Ferrari, 2013), og bruken av digital teknologi for å lære andre fag er det sentrale. Den *grunnleggende ferdigheten handler i liten grad om algoritmisk tenkning og programmering.*

4.3 Teknologi i grunnskolen

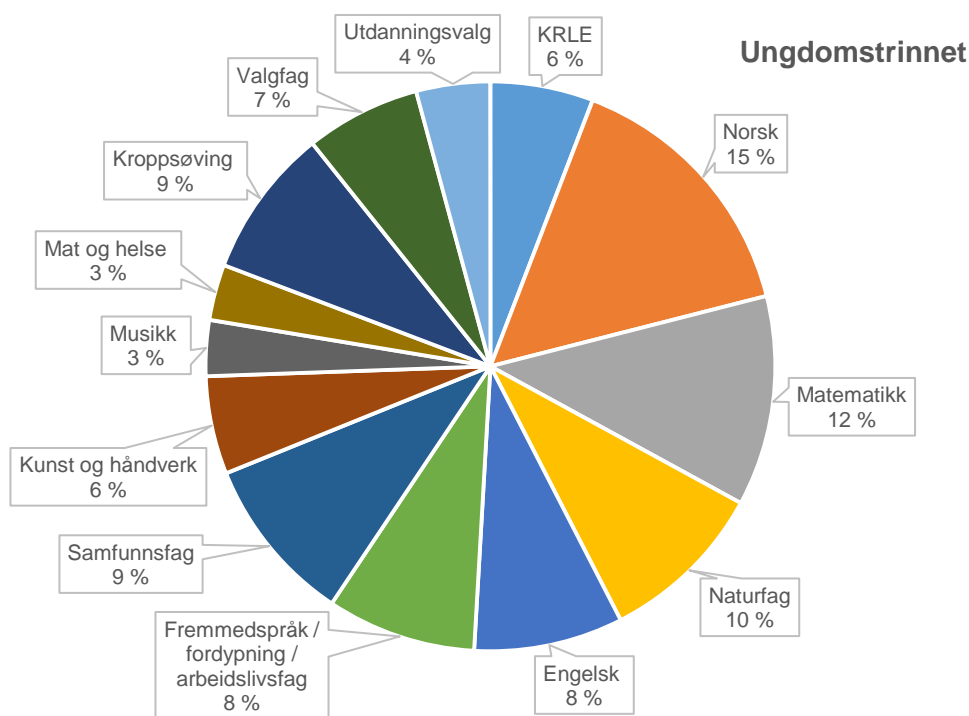
Teknologi som fag omfatter i grunnskolen det flerfaglige og obligatoriske emnet *teknologi og design* og valgfaget *teknologi i praksis*. Dessuten starter det høsten 2016 et forsøk med *programmering* som valgfag ved noen utvalgte ungdomsskoler. I arbeidet med Kunnskapsløftet ble det foreslått å opprette teknologi og design som et eget fag i grunnskolen. I stedet vedtok Stortinget at teknologi og design skulle innføres som et tverrfaglig emne, integrert i fagene naturfag, matematikk og kunst og håndverk.

4.3.1 Fag- og timefordeling

Fag- og timefordelingen forteller hvor stor plass hvert skolefag har i opplæringen. Det er fastsatt et samlet minstetimetall som elevene har rett til. Skoleeier har plikt til å gi dette timetallet, men står fritt til å tilby flere timer. Figur 1 og Figur 2 viser at naturfag er et relativt lite fag i skolen. Naturfag har gjennom læreplanen fått hovedansvaret for emnet teknologi og design. Selv om teknologi og design er et hovedområde i naturfag, er det kun et lite emne i et lite skolefag som skal dekke biologi, fysikk, kjemi og teknologi.



Figur 1 Fagfordeling 1.-7. trinn. Fagandelene er regnet ut fra minstetimetall per 1. august 2016.



Figur 2 Fagfordeling 8.-10. trinn. Fagandelene er regnet ut fra minstetimetall.

4.3.2 Teknologi og design som flerfaglig emne

Teknologi og design ble innført som flerfaglig emne i den norske grunnskolen gjennom innføringen av Kunnskapsløftet i 2006. Den første offisielle utredningen som omtalte mangelen på teknologi i skolen, var naturfagutredningen ledet av Svein Sjøberg (1994). Utvalget påpekte at teknikk/teknologi ikke fantes som eget fag i norsk grunnskole, mens mange land hadde faget på timeplanen. Dette på tross av at den generelle delen av læreplanen fra 1993 la stor vekt på teknologi og vitenskap og dens samfunnsmessige betydning (Utdanningsdirektoratet, 1993).

Flere parallelle utviklingsløp førte til at teknologi og design ble innført som flerfaglig emne i læreplanen i Norge i 2006 (LK06). De ulike utviklingsløpene hadde forskjellig agenda og argumentasjon. Vi sammenfatter utviklingen i to ulike prosesser:

- Behov for teknologi i skolen initiert av ingeniør- og næringslivsorganisasjoner
- Behov for innovasjon og entreprenørskap

Tunge samfunnsaktører og fagmiljøer har gjennom de siste 20 årene øvet et stort og kontinuerlig påtrykk for mer teknologi skolen. Ingeniørorganisasjonen NITO bidro i stor

skala gjennom initiativet Teknologi i skolen med lærerkurs, verktøy og undervisningsmateriell. NHO, OLF, Statens vegvesen, Norsk Teknologi, NITO, NTNU, TEKNA, Bygge-næringens Landsforening, Jernbaneverket, Nasjonalt senter for kunst og kultur, Matematikksenteret og Naturfagsenteret videreførte arbeidet gjennom paraplyorganisasjonen Teknologiinspiratørene (TEKin).

De ulike prosessene resulterte i at Stortinget i juni 2004 vedtok at teknologi og design skulle innføres som tverrfaglig emne, integrert i fagene matematikk, naturfag og kunst og håndverk. En underliggende idé var at emnet skulle være en praktisk læringsarena for realfagene.

Teknologi og design er obligatorisk for alle elever og omfatter hele utdanningsløpet fra 1. til 10. trinn. I Kunnskapsløftet har naturfag fått et hovedansvar for det flerfaglige emnet, og teknologi og design er nå ett av fem hovedområder i læreplanen for naturfag. I læreplanen for naturfag under formål for faget finner vi en argumentasjon for teknologi på naturfagets premisser (Utdanningsdirektoratet, 2013b).

Teknologi og design ble i 2006 innført som obligatorisk, flerfaglig emne i fagene naturfag, kunst og håndverk og matematikk. Naturfag har fått hovedansvaret for emnet, og det er ett av fem hovedområder i faget.

I kunst og håndverk er emnet omtalt under formålet med faget, men det er ingen direkte henvisninger til teknologi og design i kompetansemålene.

I matematikk trekkes teknologi og design fram i enkelte kompetansemål

I **naturfag** dreier hovedområdet teknologi og design seg om å planlegge, utvikle, framstille og vurdere funksjonelle produkter. Kompetansemålene for dette hovedområdet kan kort oppsummeres slik:

- Etter 2. trinn skal eleven kunne lage gjenstander som kan bevege seg ved hjelp av vann eller luft, i tillegg til at de skal lage gjenstander som bruker refleksjon av lys.
- Etter 4. trinn skal eleven kunne planlegge, bygge og teste enkle modeller av byggkonstruksjoner og beskrive hvorfor noen konstruksjoner er mer stabile enn andre.

- Etter 7. trinn skal eleven kunne planlegge, bygge, teste og forklare prinsipper for mekaniske leker, planlegge, lage og teste enkle produkter som gjør bruk av elektrisk energi, og kunne beskrive livsløpet til et produkt og se det i lys av bærekraftig utvikling.
- Etter 10. trinn skal eleven kunne utvikle produkter ut fra kravspesifikasjoner og teste og beskrive egenskaper ved materialer som brukes i en produksjonsprosess, og vurdere materialbruken ut fra miljøhensyn. I tillegg skal elevene kunne beskrive et elektronisk kommunikasjonssystem.

Teknologi og design er ikke et eget hovedområde i læreplanen for **matematikk**, men trekkes fram i enkelte kompetansemål:

- Etter 4. trinn skal eleven kunne «teikne, byggje, utforske og beskrive geometriske figurar og modellar i praktiske samanhengar, medrekna teknologi og design».
- Etter 7. trinn skal eleven kunne analysere egenskaper ved to- og tredimensjonale figurer og beskrive fysiske gjenstander innenfor dagligliv og teknologi ved hjelp av geometriske begreper. Videre skal eleven kunne velge egnede måleredskaper og gjøre praktiske målinger i forbindelse med dagligliv og teknologi og vurdere resultatene ut fra presisjon og måleusikkerhet.
- Etter 10. trinn skal eleven kunne gjøre greie for geometriske forhold som har mye å si i teknologi, kunst og arkitektur. Eleven skal dessutan kunne «bruke tal og variablar i utforsking, eksperimentering og praktisk og teoretisk problemløysing og i prosjekt med teknologi og design».

I **kunst og håndverk** utgjør *arkitektur og design* to av fagets fire hovedområder. Det flerfaglige emnet er nevnt under formålet med faget, men det er ingen direkte henvisninger til kompetansemålene i teknologi og design. Implisitt kan mange av kompetansemålene i kunst og håndverk kobles opp mot design og problemløsningsprosesser i teknologi og design, og mange av målene beskriver en kompetanse som er viktige i det tverrfaglige samarbeidet. Det at elevene skal kunne bruke enkle og hensiktsmessige verktøy, bygge modeller, ha kjennskap til ulike materialer og designe produkter ut fra en kravspesifikasjon, er eksempler på kompetanser som er meget hensiktsmessige og til dels nødvendige for kunne opparbeide seg kompetanse i teknologi og design.

Teknologi og design ble en del av norsk skole for ti år siden, men det finnes lite forskning som viser hvordan emnene blir praktisert i skolen. Vi har noen skoler som er foregangsskoler, for eksempel Ruseløkka skole i Oslo (Ruseløkka skole, udatert; Skår, 2012a,

2012b) og Charlottenlund ungdomsskole i Trondheim. Slike skoler gjennomfører teknologi og design med årlige, flerfaglige prosjekter etter læreplanens intensjon. Skolene har opparbeidet rik erfaring og har utviklet mange ressurser for vellykket undervisning i teknologi med elever fra 1. til 10. trinn. De har også over tiår anskaffet rimelig utstyr, verktøy og materiell som egner seg for aldersgruppen. Mange eksterne aktører har sett utfordringene i skolen og har gjennom de siste ti årene bidratt med lærerkurs og materiell til skolene. Blant disse finner vi NITO, TEKNA, NHO, Vitensentrene, BBL og First Lego League. I tillegg har private aktører, for eksempel Maker Space og kodeklubber, de siste årene tilbudt programmering og lignende etter skoletid. Private tilbud til elevene er viktige bidrag, men tilbudet blir tilfeldig og ikke for alle.

Det store bildet tyder på at teknologi og design som fagemne ikke har fått den plass i skolen som det var tiltenkt. Liv Oddrun Voll (2016) ved grunnskolelærerutdanningen ved Høgskolen i Oslo og Akershus (HiOA) har gjennomført to undersøkelser om praksis i teknologi og design hos lærere som har vært på kurs eller tatt videreutdanning i naturfag ved HiOA. Resultatene forteller om utstyr og prosjekter knyttet til teknologi og design ved cirka 80 skoler.

Det er gode erfaringer med teknologi og design på de skolene som prioriterer emnet. Men studier som er gjort tyder på at emnet blir systematisk nedprioritert på de fleste skoler. God gjennomføring krever dedikerte lærere og en støttende ledelse.

Den første undersøkelsen ble gjort blant lærere som er fagkoordinatorer i naturfag på 5.-7. trinn på 28 skoler i Oslo kommune. Fagkoordinatorene ble bedt om å rapportere inn hva slags utstyr skolen har i naturfag, inndelt etter emnene biologi, kjemi fysikk og teknologi og design. Undersøkelsen viste at utstyr i teknologi og design kom klart dårligst ut. I gjennomsnitt hadde skolene tilgjengelig omtrent halvparten av det utstyret som var spesifisert i undersøkelsen. Fire av skolene hadde ikke noe av utstyret.

Den andre undersøkelsen ble gjort blant lærere som har tatt videreutdanning i naturfag ved HiOA. Det var 56 lærere som besvarte undersøkelsen. Undersøkelsen viser at de aktivitetene som blir gjort i klasserommet, er å besvare oppgaver fra læreboka eller små praktiske prosjekter med et omfang innenfor 1-2 skoletimer. Større prosjekter blir sjelden gjennomført og særlig ikke flerfaglige prosjekter. Mengden av aktiviteter i teknologi og design viser en fallende tendens fra 1. til 10. trinn. *Cirka en tredjedel av lærerne på 8.-10.*

trinn svarer at de aldri gjør flerfaglige aktiviteter i teknologi og design. De aktivitetene som gjøres på ungdomstrinnet, er korte, og over halvparten av skolene gjennomfører bare 1-2 aktiviteter i løpet av hele ungdomstrinnet.

Dundas (2011) studerte implementering av teknologi og design i skolen gjennom arbeid med masteroppgaven «Hva skjedde med teknologi i skolen?». Studien tyder på at mange lærere ikke gjennomfører så mye undervisning i teknologi og design som de mener de burde og skulle ønske de kunne gjøre. På HiOA er det også skrevet 11 bacheloroppgaver innenfor fagområdet teknologi og design. Oppgavene omhandler elevenes motivasjon (3), flerfaglighet (2), analyse av hvordan faget blir praktisert (4), jenter og teknologi (1) og vurdering (1). Oppgavene danner til sammen et bilde som svarer til det som Dundas (2011) fant i sin masteroppgave. Bildet som tegnes av utfordringene med teknologi og design i skolen, er at undervisningen i stor grad avhenger av enkeltlæreres engasjement og bakgrunn og i hvilken grad ledelsen prioriterer fagområdet. Mange aktiviteter sloss om oppmerksomhet, tid, timer og ressurser. Det er gode erfaringer der ledelsen tar tak og legger til rette, men oftest blir teknologiundervisningen systematisk nedprioritert.

Et større forskningsprosjekt, *Teknologi og design for en framtid i nord*, gjennomført av Høgskolen i Finnmark i samarbeid med NTNU i 2008-2011, har undersøkt elevers aktiviteter og læring i teknologi og design. Prosjektet avdekket hvordan elevers kreativitet i designoppgaver forutsetter grunnleggende kunnskaper om teknologiske prinsipper. Resultatene viser at aktivitetene blir lærerstyrte når elevene mangler dette grunnlaget, og at elevaktivitet i slike sammenhenger preges av prøving og feiling (Esjeholm & Bungum, 2013). Erfaringene fra Finnmark viser at elevene ikke klarer å være kreative uten et faglig grunnlag, og at teknologisk kompetanse må bygges gradvis opp fra enkle, lærerstyrte aktiviteter til større og mer sammensatte oppgaver. Resultatene fra det samme prosjektet viser entydig at teoretisk kunnskapsinnhold fra matematikk og naturfag får liten plass i elevprosjekter som har teknologi som utgangspunkt (Esjeholm, 2013). Kunnskapsinnholdet er i stedet genuint teknologisk. Analyser gjort i prosjektet tyder på at dette ikke skyldes mangler i pedagogisk tilrettelegging, men at teknologi i sin natur er pragmatisk og forankret i den aktuelle, praktiske konteksten. Teknologiske utfordringer krever teknologisk kunnskap i en annen form enn matematikk og naturfag (Bungum, Esjeholm, & Lysne, 2014). Dette bekreftes av studier fra andre land (van Breukelen, de Vries, & Schure, 2016), og betyr at teknologi som fagområde vil ha bedre betingelser ved å være et eget fag i læreplaner, læring og undervisning.

Et annet viktig element er at for faglærere i naturfag og matematikk er teknologi et av mange områder i faget. Emnet er i tillegg nytt, og det er ikke knyttet til vertsfagenes tradisjonelle identitet og metoder.

Teknologi som fagområde vil ha bedre betingelser ved å være et eget fag i læreplaner, læring og undervisning.

4.3.3 Teknologi som valgfag

Høsten 2012 ble valgfag gjeninnført på ungdomstrinnet, og et av disse valgfagene er *teknologi i praksis*. Målet med valgfaget er å motivere elevene til å utvikle teknologiske produkter med utgangspunkt i lokale behov og problemstillinger. *Teknologi i praksis* skal dreie seg om å planlegge, konstruere og framstille gjenstander og produkter med varierte materialer og teknologiske løsninger. Elevene skal utvikle kunnskap om teknologiske produkter som blir brukt i hverdagen, som igjen gir et godt grunnlag for å forbedre og utvikle nye produkter. Av den totale elevmassen er det 7 % av elevene som velger valgfaget *teknologi i praksis* (Utdanningsdirektoratet, 2016). Av disse er 82 % gutter. Det er altså bare en liten del av elevmassen som får teknologiundervisning gjennom dette valgfaget, og faget er svært kjønnsdelt.

Det er bare 7 % av elevene som velger valgfaget *teknologi i praksis*. Av disse er 82 % gutter.

Fra høsten 2016 innføres valgfaget *programmering* som en forsøksordning. Det har vært stor interesse for å være med i forsøksordningen, og cirka 150 skoler starter med valgfaget fra høsten 2016.

4.3.4 Digital teknologi i matematikk og naturfag

Vi deler digital teknologi inn i to områder. Det ene er fagspesifikk digital teknologi som er teknologi spesielt tilpasset det enkelte fag, og det andre er digitale ferdigheter som vil si generell bruk av digitale verktøy, for eksempel til utforskning, visualisering og presentasjon (avsnitt 4.2).

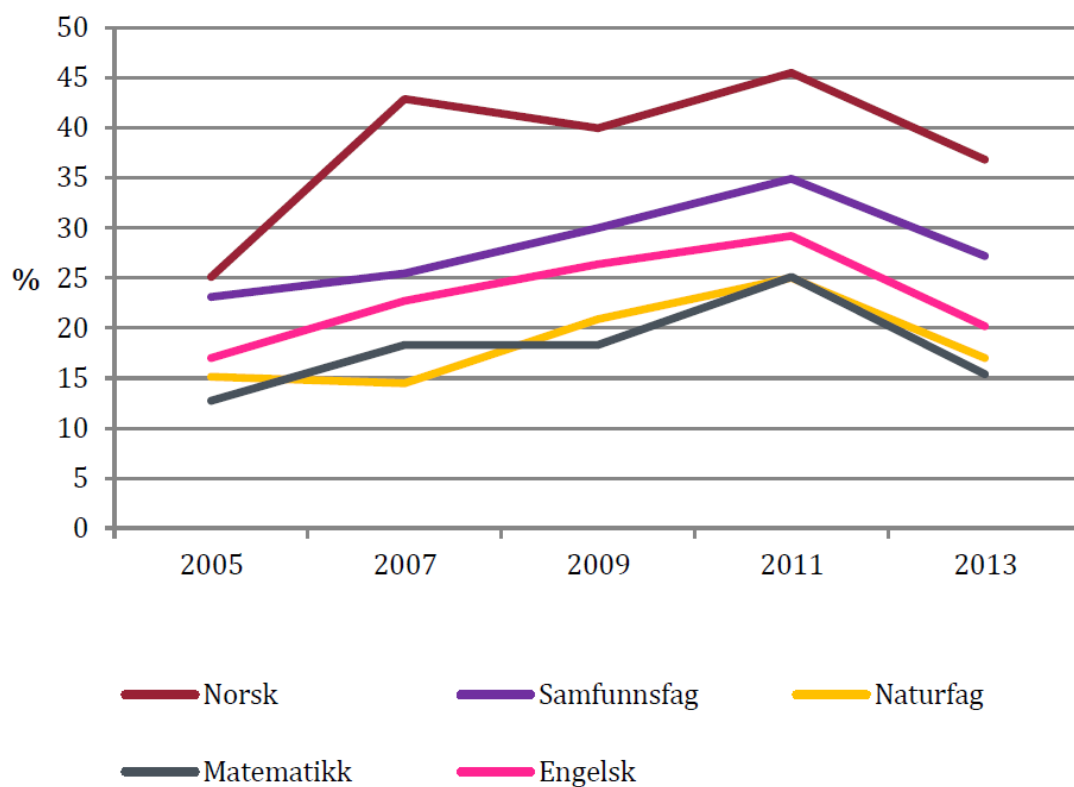
I kompetansemålene i LK06 er regneark og dynamisk geometriprogram to eksempler på *fagspesifikk digital teknologi* i matematikk. Kalkulator er ikke spesifikt nevnt i læreplanen, men den er i mange sammenhenger et viktig hjelpemiddel. Læreverk i matematikk har også digitale ressurser. Eksempler på fagspesifikk, digital teknologi i naturfag

Fagspesifikk teknologi er teknologi tilpasset det enkelte fag.

Digitale ferdigheter vil si å bruke digitale verktøy til læring, for eksempel ved utforskning, visualisering og presentasjon.

er mikroskop, ulike apper (for eksempel lydmålingsapp) og ulike typer sensorer for datainnsamling og analyse. Blant digitale læremidler brukes ofte animasjoner og undervisningsopplegg på nettsteder, for eksempel naturfag.no og viten.no. Digitale responssystemer (for eksempel Kahoot) er et annet tilbud. I tillegg har læreverk i naturfag digitale ressurser. Bruk av fagspesifikk digital teknologi i fag er avhengig av lærerens digitale kompetanse, og elever trenger digitalt kompetente lærere som rollemodeller.

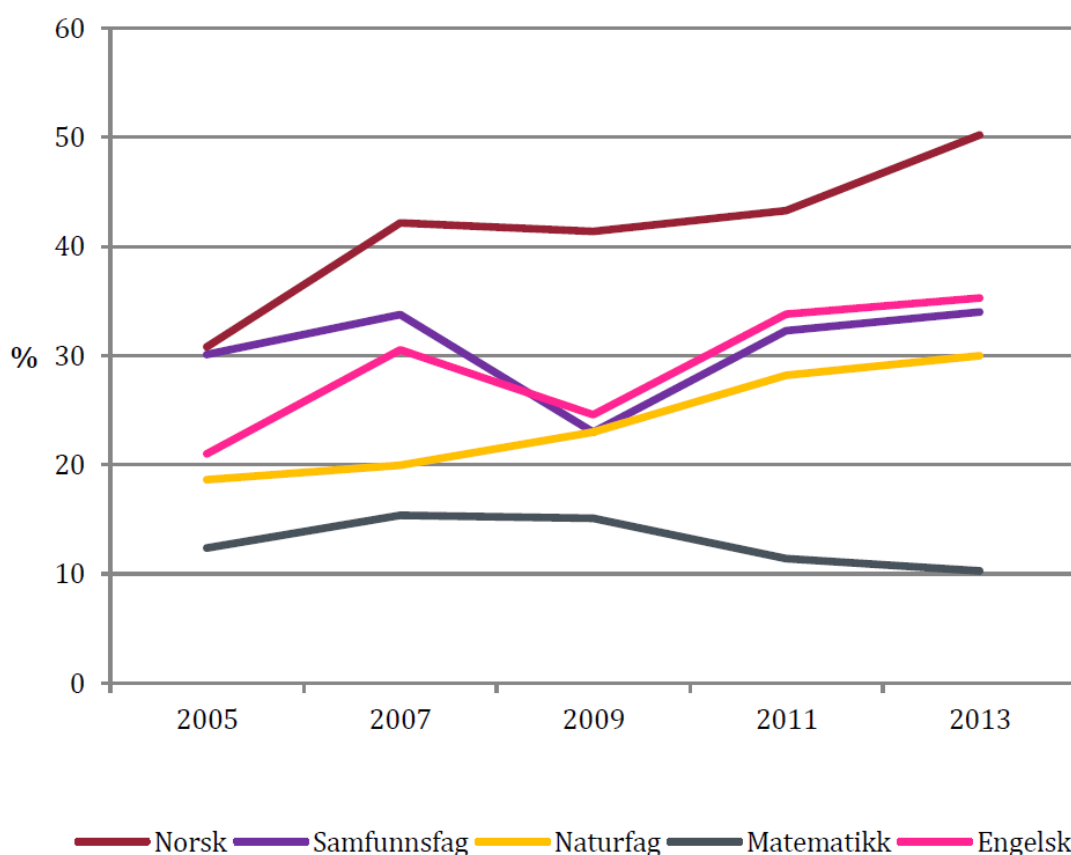
Digitale ferdigheter i matematikk vil si å bruke digitale verktøy til læring, for eksempel ved utforskning, visualisering og presentasjon. I tillegg handler det om å kjenne til, bruke og vurdere digitale verktøy til beregninger, problemløsning, simulering og modellering. Det vil si å finne informasjon, analysere, behandle og presentere data med formålstjenlige verktøy, og være kritisk til kilder, analyser og resultat. Videre innebærer det å bli stadig mer oppmerksom på den nytten digitale verktøy har for læring i matematikkfaget. Under kompetansemålene blir formuleringen «med og uten digitale verktøy» brukt i flere sammenhenger etter 2. trinn, 4. trinn, 7. trinn og 10. trinn (LK06). I naturfag er



Figur 3 Andel elever på 7. trinn som bruker datamaskin i fem fag (norsk, samfunnsfag, engelsk, matematikk og naturfag) ukentlig eller oftere. Tall fra 2005, 2007, 2009, 2011 og 2013. Alle tall i prosent. (Hatlevik mfl., 2013, s. 89)

digitale ferdigheter det å bruke digitale verktøy til å utforske, registrere, gjøre beregninger, visualisere, dokumentere og publisere data fra egne og andres studier, forsøk og feltarbeid. Det å bruke søkeverktøy og kritisk vurdere kilder og velge ut relevant informasjon hører også inn under digitale ferdigheter. En progresjon beskrives som å gå fra å kunne bruke digitale verktøy til å vise dømmekraft i bruken av digitale kilder, verktøy, medier og informasjon. Også i kompetansemålene for naturfag blir formuleringen «med og uten digitale verktøy» brukt (LK06).

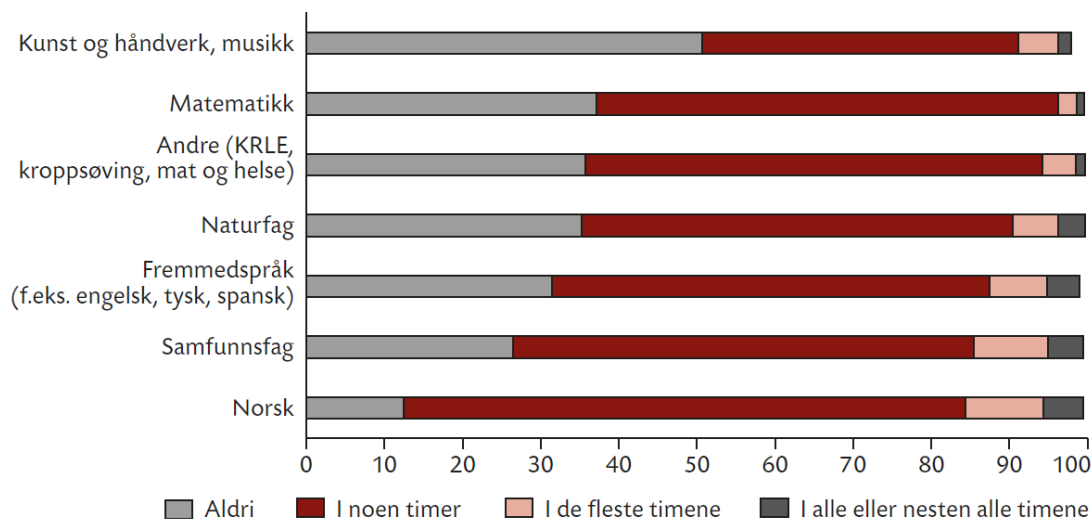
Senter for IKT i utdanningen (Hatlevik, Egeberg, Guðmundsdóttir, Loftsgarden, & Loi, 2013) har gjort en undersøkelse blant elever på 7. trinn (Figur 3) og på 9. trinn (Figur 4) om bruken av datamaskin i fem fag. Ifølge elevene brukes datamaskin mest i norsk. Dette gjelder både på 7. trinn og 9. trinn. Av de fem fagene kommer matematikk og naturfag dårligst ut. Figur 3, som gjelder elever på 7. trinn, viser en nedgang i bruken av



Figur 4 Andel elever på 9. trinn som bruker datamaskin i fem fag (norsk, samfunnsfag, engelsk, matematikk og naturfag) ukentlig eller oftere. Tall fra 2005, 2007, 2009, 2011 og 2013. Alle tall i prosent. (Hatlevik mfl., 2013, s. 91)

datamaskin for disse to fagene. I 2011 mente 25 % av elevene på 7. trinn at de brukte datamaskin ukentlig eller oftere i de to fagene, mens det i 2013 var mellom 15 % og 20 % av elevene som sa det samme.

Elever på 9. trinn (Figur 4) mener de bruker datamaskin oftere i naturfagundervisningen enn i matematikk. En hypotese om årsaken til at teknologi blir mer brukt i naturfag, kan være en økning i bruken av nettstedene. For eksempel har nettstedene miljølære.no og natursekken.no hatt en kraftig økning i antall treff de siste årene. Naturfaglærere kan i perioden 2005 til 2013 ha blitt kjent med ulike nettressurser og sett hvordan disse kan brukes i naturfagundervisningen (Naturfagsenteret, 2015). Når det gjelder matematikk og lav bruk av datamaskin på 9. trinn, er det et overraskende funn når vi vet at tilgangen på datamaskiner rundt omkring på skolene har økt i perioden. En årsak kan være at elever kan lære matematikk uten å bruke datamaskin, for i de kompetansemålene der ulike former for teknologi er nevnt, står det i de aller fleste at eleven kan velge å bruke eller ikke å bruke digitale verktøy. Hvordan dette vil utvikle seg når det fra våren 2015 ble stilt krav om å bruke digitale hjelpemidler på skriftlig, sentralgitt eksamen i matematikk, vil en ny undersøkelse gi svar på. Vi ser for oss at prosenttallet for bruken av datamaskin, ukentlig eller oftere, vil øke og da spesielt på ungdomstrinnet.



Figur 5 Norske elever på 9. trinn svarer hvor ofte de benytter datamaskin i de ulike fagene (Rohatgi & Throndsen, 2015, s. 105). Årsaken til at enkelte stolper i figuren ikke viser 100 %, er at noen elever har valgt svaralternativet «Jeg har ikke dette faget».

En annen undersøkelse, ICILS 2013 (Rohatgi & Throndsen, 2015), viser de samme tendensene. Figur 5 viser hvordan norske elever (9. trinn, et landsrepresentativt utvalg, datainnsamling i 2013) svarer på hvor ofte de benytter datamaskin i de ulike fagene. Hovedinntrykket er at den digitale, teknologiske bruken er beskjeden i alle fag. Merk at nesten 40 % svarer at de aldri bruker digitale hjelpemidler i matematikk, til tross for at noen av kompetansemålene i matematikk både etter 7. og 10. trinn ikke kan nås uten å bruke digitale verktøy. En annen undersøkelse gjengitt i samme rapport viser at norske elevers databruk ligger signifikant under det internasjonale gjennomsnittet i alle fag, bortsett fra i norsk (Rohatgi & Throndsen, 2015).

Digital teknologi er lite brukt i grunnskolen, spesielt i matematikk og naturfag selv om noen av kompetansemålene i matematikk ikke kan nås uten å bruke digitale verktøy. Det er litt økende bruk av digitale verktøy i naturfag på ungdomstrinnet.

Når lærerne blir spurt, i en undersøkelse gjennomført i 2015 av NIFU for prosjektet Ark&App (Waagene & Gjerustad, 2015) får vi et litt annet bilde. Her har 710 lærere (40 % i svarprosent) fra 5.-7. trinn, ungdomstrinnet og videregående skole svart på en spørreundersøkelse. Kun 2 % svarer at de *ikke* supplerer med digitale læremidler i klasserommet, og hele 65 % svarer at de bruker IKT i stor eller meget stor grad i undervisningen. Viktig er det også å merke seg at 2 av 3 lærere svarer at de ønsker å bruke digitale læremidler i større grad enn de gjør i dag. Undersøkelsen baserer seg på selvrapportering noe som kan gi en overrapportering av positive funn, og det kan være grunn til å vurdere skjevhet i utvalget i lys av den relativt lave svarprosenten. Likevel indikerer undersøkelsen en bevegelse i skolen mot mer bruk av IKT i fag som det er verd å merke seg.

4.4 Teknologi i videregående opplæring

Videregående opplæring er organisert i studieforberevende og yrkesfaglige utdanningsprogrammer. Våren 2016 var det tre studieforberevende utdanningsprogrammer og ni yrkesfaglige utdanningsprogrammer. 59 % av elevene går på studieforberevende programmer, og 41 % går på yrkesfaglige programmer. Nesten alle 16-18-åringer deltar i videregående opplæring (Utdanningsdirektoratet, 2016). Fellesfagene er for alle elevene, og programfagene er valgbare.

Rapporten omtaler ikke de yrkesfaglige utdanningsprogrammene. Vi nøyer oss med å peke på at mange av de yrkesfaglige utdanningsprogrammene er teknologitunge, og at

grunnskolen har en viktig oppgave i å forberede elevene for videregående opplæring. I dette avsnittet beskriver og vurderer vi hva digital og teknologisk kompetanse innebærer i det enkelte realfag i utdanningsprogrammene for studiespesialisering.

Matematikk og naturfag er gjennomgående fag fra grunnskole til Vg1.

4.4.1 Teknologi i fellesfagene

Matematikk og naturfag (Utdanningsdirektoratet, 2013a, 2013b) er gjennomgående fag fra grunnskolen til Vg1. På Vg1 kan elevene i matematikk velge mellom praktisk og teoretisk matematikk. Bruk av digitale verktøy nevnes i enkelte kompetansemål, men teknologi er ellers lite framtrædende i matematikklæreplanen for Vg1. Det er vanlig at elever i videregående opplæring har tilgang til egen datamaskin. Fagspesifikk programvare som graftegner, regneark og symbolbehandlende verktøy (CAS) brukes av mange, særlig etter at det ble innført krav om å bruke slik programvare til skriftlig eksamen fra våren 2015.

Fellesfaget naturfag i et studieforbereende utdanningsprogram er delt i seks hovedområder: forskerspiren, bærekraftig utvikling, ernæring og helse, stråling og radioaktivitet, energi for fremtiden og bioteknologi. Naturfag i et yrkesfaglig utdanningsprogram har de samme områdene, med unntak av stråling og radioaktivitet og bioteknologi. Under hovedområdet bioteknologi inngår naturfaglige prinsipper for genmodifisering og medisinsk bruk av bioteknologi. Hovedområdet har også samfunnsrelaterte kompetansemål hvor elevene skal diskutere muligheter og utfordringer, sammenligne argumenter om bruken av bioteknologi og drøfte etiske problemstillinger. Under hovedområdet stråling og radioaktivitet skal elevene kunne gi eksempler på hvordan ioniserende stråling utnyttes til teknisk og medisinsk bruk. Hovedområdet energi for fremtiden involverer også mange teknologirelaterte temaer. Elevene skal her arbeide med energiteknologi som solceller, solfangere, varmepumper, batterier og brenselceller. Kompetansemål under hovedområdet bærekraftig utvikling kan også knyttes til teknologi uten at dette er nevnt eksplisitt. Læreplanen i naturfag bærer preg av at faget skal være allmenndannende og inkluderer etiske og samfunnsrelaterte aspekter ved teknologi. Teknologi behandles på naturfagets premisser, og det er lagt stor vekt på å forklare naturfaglige prinsipper som ligger til grunn for teknologiske produkter. Teknologi som praktisk og begrepsmessig kunnskapsområde er i liten grad representert i faget, og det inneholder heller ikke prosesskunnskap som er en viktig del av teknologisk kompetanse.

4.4.2 Teknologi i programfagene

41 % av elevene på utdanningsprogram for studiespesialisering velger realfag (Utdanningsdirektoratet, 2016, s. 48). Tabell 1 viser hvordan disse elevene fordeler seg på de realfaglige programfagene, og vi ser klare kjønnsforskjeller mellom fagene. Det finnes ikke data som forteller hvilke programfag elevene har hatt mulighet til å velge, men vi vet at mange skoler ikke tilbyr opplæring i de minste fagene.

Programfaget *teknologi og forskningslære* (ToF) ble initiert som en del av Kunnskapsløftet i skoleåret 2006-2007. Hovedintensjonen bak etableringen av faget var å gi elevene erfaring og kompetanse i teknologiutvikling, i forskningsprosessen og kunnskap om hvilken plass teknologi og forskning har i samfunnet. Det er på den måten ment å være komplementært til de øvrige, etablerte realfagene, som hovedsakelig er orientert mot fagkunnskap. Full fordypning i ToF sidestilles med flere av de andre realfaglige programfagene, bortsett fra matematikk, for opptak til realfagsstudier ved flere av landets høyskoler og universiteter.

Første del av ToF (ToF1) er sterkt teknologirettet, og læreplanen indikerer at mye av elevenes aktiviteter skal omfatte planlegging, bygging, utprøving og rapportering fra aktivitetene. Lærerens fagbakgrunn styrer ofte hvilke prosjekter elevene gjennomfører, og de som velger å undervise i ToF fagene, har ofte erfaring fra arbeidslivet utenfor skolen. Det er ikke utviklet lærebøker i noen av ToF-fagene for å ivareta lærernes/elevenes

Tabell 1 Tabellen viser antallet elever på realfaglige programfag (alle trinn) i videregående opplæring per 1. oktober 2015. Kilde: Statistikkportalen, Utdanningsdirektoratet.

	Antall elever	Kjønn	
		Gutter	Jenter
Biologi	11 382	31 %	69 %
Fysikk	14 059	62 %	38 %
Geofag	2 348	48 %	52 %
Informasjonsteknologi	5 302	77 %	23 %
Kjemi	14 388	45 %	55 %
Matematikk programfag	30 479	53 %	47 %
Teknologi og forskningslære	2 658	66 %	34 %

frihet til selv å forme faget og gi det innhold. ToF2 har mindre fokus på teknologi og vesentlig mer på forskning. ToF2 oppfattes av mange lærere og elever som betydelig mer teoretisk enn ToF1. Blant annet skal elevene i ToF2 planlegge, gjennomføre og rapportere fra et (eller flere) forskningsprosjekt(er). ToFX er en lettvariant av ToF1 som dekker tre av fire hovedområder i læreplanen. ToF1 og ToF2 gir realfagspoeng i motsetning til ToFX.

En tredel av de omtrent 300 videregående skolene som har studiespesialisering, tilbyr ToFX og/eller ToF1. Cirka 40 av disse skolene tilbyr også ToF2. 15-20 videregående skoler har i løpet av de siste årene etablert såkalte *forskerlinjer* der ToF inngår som et sentralt fag. Tilretteleggingen for faget ved den enkelte skole er svært varierende. Særlig ToF1 og ToFX krever at skolen anskaffer nødvendig utstyr og verktøy, og at faget kan disponere et eget lokale som kan fungere som verksted. Det er ikke alltid tilfellet og er ofte avhengig av skoleledelsens interesse for faget. ToF-faget er stadig avhengig av engasjerte lærere som ser mulighetene faget gir elevene ved å ha en åpen læreplan og ikke en styrende lærebok.

Informasjonsteknologi er det største av de «nye» realfagene målt i antall elever. 77 %

av elevene som velger dette faget, er gutter. Læreplanen beskriver et bredt fag med hovedområdene digital samtid, nettsteder og multimedier, databaser, planlegging og dokumentasjon, programmering og multimedieutvikling (Utdanningsdirektoratet, 2006):

Opplæringen legger vekt på å konstruere IT-løsninger, og informasjonsteknologi er derfor på mange måter et praktisk fag. Det skal legges til rette for kommunikasjon og samarbeid i programfaget. Programfaget informasjonsteknologi er et realfag, men det har også sterke koblinger til mediefag, samfunnsfag, økonomi, språkfag og formgivingsfag. Programfaget kan derfor gi et godt grunnlag for studier innen ulike fagområder og for videreutvikling av kompetanse i yrkeslivet.

Programmering er et hovedområde i *informasjonsteknologi 2*, og med unntak av det nystartede forsøket med valgfaget *programmering* på ungdomstrinnet, er dette det eneste faget i norsk skole med programmering i læreplanen.

I *matematikk programfag* blir teknologi eksplisitt nevnt i formålet med faget, hvor teknologi nevnes blant flere områder der matematikk kan brukes. Teknologi er også nevnt som et hjelpemiddel som kan brukes i ulike matematiske aktiviteter. Teknologi er representert i matematikk programfag gjennom det å kunne bruke digitale verktøy. Her

inngår verktøy for måling, analyser, dokumentasjon og publisering, samt bruk av animasjoner og simuleringer.

I programfaget *fysikk* er teknologi representert i hovedområdet fysikk og teknologi. I fysikk 1 er dette fagstoffet knyttet til elektronikk. Elevene skal kunne gjøre rede for virkemåter og karakteristikker av sensorer. Hovedvekten ligger mer på fysikken som er involvert i elektroniske komponenter og systemer, enn på de teknologiske prinsippene og bruken av disse i praksis. Tilsvarende er tilfellet i fysikk 2 hvor elevene skal kunne gjøre rede for teknologiske anvendelser av induksjon, fysiske prinsipper bak medisinske undersøkelser og lydteknologi (sampling og digital behandling av lyd). Hovedområdet knytter fysikk til moderne teknologi og anvendelser, men helheten i teknologi som virksomhet og kunnskapsområde er ikke representert her.

Kompetansemålene i fysikkfagene krever kun at elevene skal kunne «gjøre rede for» eller «beskrive» de fysiske prinsippene som ligger bak teknologien. Det er ingen krav om at elevene skal gjøre praktiske erfaringer med teknologien beskrevet i hovedområdet *fysikk og teknologi*. Erfaring fra skolepraksis tyder på at dette gjenspeiler seg i undervisningspraksisen i skolen. Hovedområdet fysikk og teknologi ser ut til å bli nedprioritert, men her behøver vi mer forskning for å eventuelt dokumentere dette. Likevel er det en del skoler som satser på en mer praktisk tilnærming til teknologien. I tillegg til å lære om teknologien får elevene også erfaring med å bruke slik teknologi. Vi ser at noen skoler har startet å arbeide med mikrokontroller med elevene. Arduiono er et slikt eksempel. Med slike verktøy kan elevene lage og programmere ulike sensorer, for eksempel lage en automatisk plantevanner.

I *biologi* som programfag er teknologi representert gjennom hovedområdet *bioteknologi* i biologi 2. Her inngår genetiske fingeravtrykk og anvendelser i rettsmedisin, genmodifisering, kloning, gendiagnostikk og genterapi, og elevene skal lære om anvendelser i rettsmedisin, matproduksjon og medisin. Her inngår også etiske og miljømessige konsekvenser.

Geofag er et lite programfag målt i antall elever (Tabell 1). Teknologi i geofag kommer tydeligst til uttrykk i hovedområdet georessurser. Det handler om energiressurser og om utnyttelse av bergarter, løsmasser, vann og atmosfære i industri, veibygging og bygningsindustri.

I programfaget *kjemi* er ingen teknologiområder eksplisitt nevnt, men læreplanen inneholder flere temaer som kan relateres til anvendelser innenfor teknologi, slik som destillasjon, forbrenningsreaksjoner, syntetiske polymerer, nanomaterialer og redoksreaksjoner (batterier er nevnt).

4.5 Oppsummering

Teknologi har en tydelig plass i den generelle delen av dagens læreplan (LK06). Den vektlegger teknologi som en del av allmenndannelsen og peker på teknologiens positive og negative sider i et historisk perspektiv og i et utviklingsperspektiv med vekt på både innovasjon og miljøhensyn. Teknologiens mangfoldighet og bredde kommer godt fram i den generelle delen av læreplanen, men siden læreplanen ble skrevet i 1993, har elevenes teknologiske hverdag utviklet seg i stor grad. Digital teknologi er ikke eksplisitt nevnt i den generelle delen. Teknologiens mangfoldighet slik vi har sammenfattet den i tre punkter (avsnitt 4.1), har et annet innhold og en annen betydning i dag enn da læreplanen ble skrevet. Den generelle delen av læreplanen skal nå fornyes (Meld. St. 28 (2015-2016), 2016). I den nye utgaven vil det være naturlig å trekke inn den pågående digitaliseringen av samfunnet.

Med LK06 ble det flerfaglige emnet *teknologi og design* innført på alle trinn i grunnskolen. De undersøkelsene vi har vist til, tyder på at emnet blir nedprioritert på mange skoler, og en stor del av elevene får dermed ikke opplæring i teknologi etter læreplanens intensjon. Noen skoler har imidlertid vært pionerer og satset på teknologi og design som fagområde. Disse skolene har med støtte fra flere eksterne aktører skaffet viktige erfaringer når det gjelder utstyr, undervisningsopplegg og lærerkompetanse.

På ungdomstrinnet har vi noen få års erfaring med valgfaget *teknologi i praksis*. Faget velges av en relativt liten andel elever, i hovedsak av gutter. Fra høsten 2016 tilbys også valgfaget *programmering* som en forsøksordning på enkelte utvalgte ungdomsskoler. De teknologiske valgfagene velges kun av en liten andel av elevene. Elever får også møte teknologi gjennom de ordinære fagene, både som generelle digitale ferdigheter og i bruken av fagspesifikk, digital teknologi. Undersøkelser viser imidlertid at det er relativt liten bruk av digitale verktøy i matematikk og naturfag. Til tross for læreplanens gode intensjoner gir grunnskolen som helhet elevene svak opplæring i teknologi som fagområde generelt, og i digital teknologi spesielt.

Fellesfaget naturfag i videregående opplæring har innslag av teknologi i hovedområdene bioteknologi og stråling og radioaktivitet. Disse to hovedområdene er en del av

læreplanen for studieforberevende utdanningsprogram, men er ikke med i naturfaglæreplanen for yrkesfagene. Elevene på studiespesialisering får kjennskap til en smal del av teknologifeltet. I læreplanen blir teknologi behandlet på naturfagets premisser, og teknologi som et praktisk kunnskapsområde er ikke representert. På studieforberevende utdanningsprogram kan elevene velge fagene *teknologi og forskningslære* og *informasjonsteknologi*. Dette er valgbare fag og ikke et tilbud til alle elever. Det er kun de elevene som velger informasjonsteknologi 2, som lærer å programmere i dagens skole. De øvrige programfagene i realfag har også innslag av teknologi, men i liten grad som et praktisk fagområde. I læreplanene for matematikk er teknologi lite framtrædende, men digitale verktøy nevnes i enkelte kompetansemål. Dette gjelder både i fellesfaget og i matematikk programfag. Fagspesifikk programvare som graftegner, regneark og symbolbehandlende verktøy (CAS) brukes av mange, særlig etter at det våren 2015 ble innført krav om å bruke slik programvare til skriftlig eksamen i matematikk.

Våren 2014 ble det foretatt en faggjennomgang av matematikkfagene. Borge mfl. (2014, s. 85) pekte i sin rapport på at digital teknologi endrer premissene for matematikk som skolefag:

Digitale verktøy har ført til at andre deler av matematikkfaget nå er mer aktuelle enn før. Men disse har fortsatt ikke vunnet innpass i læreplanene i form av egne kompetansemål. Dette gjelder for eksempel numeriske metoder, flyttallsaritmetikk og enkel programmering. (...) Gruppen mener at kompetansemålene i matematikk for videregående opplæring bør gjennomgås med et særlig blick for «nye» fagområder knyttet til digitale verktøy.

Vi mener en slik fornying av matematikkfaget (både i grunnskolen og i videregående opplæring) fordrer at alle elevene lærer praktisk programmering i et eget teknologifag. Det vil gi dem et verktøy som de kan bruke til å lære matematikk, og matematikkfaget vil bli en arena der elevene anvender og videreutvikler sine ferdigheter i programmering. I et vedlegg til rapporten illustrerer vi, med et eksempel på numerisk ligningløsning, hvordan en del av matematikkfaget i skolen kan fornyes slik sitatet over antyder.

I fysikk er mye av læreplanen i videregående opplæring bygget opp rundt en forutsetning om at oppgaver og eksempler må lede til ligninger som kan løses med klassiske papir-og-blyant teknikker. Den forutsetningen forsvinner dersom elevene lærer programmering, og matematikkfaget samtidig fornyes med algoritmiske løsningsmetoder. Forskningen også i de øvrige naturfagene beveger seg stadig mer mot en kvantitativ

tilnærming basert på modellering, simulering og beregninger, og dermed programmering. Det nye teknologifaget og en tilsvarende fornyelse av matematikkfaget vil også gjøre det mulig å fornye naturfagene i skolen slik at de bedre kan reflektere den profesjonelle utøvelsen av fagene og på den måten oppleves som mer relevante. I (Meld. St.27 (2015–2016), 2016, s. 137) hevdes det at «Realfag – ikke minst matematikk – er en grunnleggende forutsetning for å studere IKT på universitets- og høghskolenivå.» Vi er ikke uenige i dette, men vil også understreke at grunnleggende ferdigheter i programmering er en forutsetning for å kunne studere moderne realfag og matematikk.

Teknologi som fagområde i grunnopplæringen er tilfeldig og sporadisk representert både i læreplanene og i skolenes virksomhet. Det er behov for en innholdsmessig fornying og oppgradering for å gi elevene nødvendig kompetanse for framtida både i form av allmenndannelse og som forberedelse til arbeidslivet. En ambisjon om også å trekke teknologien inn i det faglige innholdet i realfagene (og andre fag) kan synes ambisiøs, men arbeidsgruppen mener dette er fullt mulig så sant alle elever får en mer praktisk innføring i teknologi med særlig vekt på programmering.

5 Teknologi og programmering som skolefag i andre land

I dette kapitlet ser vi nærmere på teknologi, inkludert programmering, i andre lands læreplaner. Vi har valgt ut landene Sverige, Finland og England¹ som eksempler. Vi beskriver teknologi som skolefag i disse landene og sammenlikninger med Norge. Vi har dessuten valgt å se litt nærmere på et par standarder for utdanning i teknologi og naturfag utviklet av rådgivende organer i USA. Internasjonalt er det stor oppmerksomhet rundt programmering i skolen. Hvilke argumenter brukes for å innføre programmering som skolefag? Vi redegjør kort for hvordan programmering er lagt inn i læreplanene i Sverige, Finland og England.

5.1 Teknologi i læreplaner og standarder

Teknologi som skolefag er ganske nytt i de fleste land, selv om det er enkelte unntak. Hvis vi ser på perioden 2014-2016, har en rekke land plassert faget inn i læreplanene (det gjelder Danmark, Finland, Frankrike, Spania, England og Irland (European Schoolnet, 2015)). Teknologi som skolefag har kort historie, og det er umodent når det gjelder lærerkompetanse, generelle støttestrukturer og skolekultur. En av hovedutfordringene i utviklingen av teknologiutdanning er å finne en omforent faglig basis. Hva er karakteristisk for teknologi i utdanning, og hva er det grunnleggende som skal undervises og læres?

Teknologi som fagfelt er representert på svært ulike måter i grunnutdanningen i ulike land. Landene bygger på ulike tradisjoner, og dette gir forskjeller i formål og innhold. Det er mulig å se fire hovedtilnærminger til teknologifaget (de Vries & Mottier, 2006; Jones, Bunting, & De Vries, 2013):

1. Teknologi integrert som anvendelse av naturvitenskap. Emnet utgjør en del av naturfag, som i Norge.
2. Teknologi som en del av praktiske og estetiske håndverkstradisjoner. Emnet er en del av ulike varianter av formingsfag.

¹ Egentlig både England og Wales siden de er svært like i skolesammenheng.

3. Teknologi som en del av STEM-fagene (Science, Technology, Engineering and Mathematics), der det står som et enkeltfag, samtidig som det er en del av en helhet.
4. Teknologi definert som et selvstendig fag med innhold som avspeiler ulike deler av teknologi som spesifikt kunnskapsområde.

I tillegg til teknologi har de fleste land en form for digital kompetanse i læreplanene, men det er få som har fulgt det norske eksemplet med å integrere digitale ferdigheter som en del av læreplanene i andre fag.

5.1.1 Sverige

Svensk skole har hatt teknologi som skolefag siden begynnelsen av 1980-tallet, og var blant de første i verden til å introdusere teknologi som et obligatorisk fagemne i grunnskolen (CETIS, 2015). Siden 1994 har faget *teknik* vært et selvstendig fag med egen læreplan gjennom hele grunnskolen i Sverige (Skolverket, 2011). Læreplanen dekker tre hovedtemaer:

1. Tekniska lösningar
2. Arbetssätt för utveckling av tekniska lösningar
3. Teknik, människa, samhälle och miljö

Teknik framstår som et praktisk fag med en allmenndannende funksjon. Fagplanen presenterer et bredt syn på teknologi: teknologi i dagliglivet i hjemmet, på arbeidsplassen og i samfunnet, samt at faget inneholder teknologihistorie og etikk. De praktiske delene av faget dekker områder som mekanismer og konstruksjoner, materialegenskaper og sammenføyninger. Det legges også vekt på at elevene skal kunne bruke begreper og uttrykksformer fra teknologiområdet.

Utviklingsperspektivet tar for seg drivkrefter bak teknisk utvikling, slik som endringer i naturgrunnlag, samfunnsforhold, økonomi og uforutsette virkninger av tekniske metoder. Teknologi ses som en kollektiv virksomhet for å løse problemer, men også som et uttrykk for nysgjerrighet og skaperglede. Under perspektivet *hva teknikken gjør* angir læreplanen fire grunnleggende funksjoner: omvandle, lagre, transportere og styre. Dette åpner for å trekke historiske linjer i undervisningen. Læreplanen peker på at teknikker for å lagre varer spenner helt fra leirkrukker til kjøleskapet, og lagring av informasjon fra runer til nåtidens elektroniske lagringsmedier. Tilsvarende er det eksempler på at funksjonen transport innebærer transport av varer og mennesker ved hjelp av enkle eller avanserte fartøy og konstruksjoner slik som broer og sluser, men også transport av

energi gjennom kraftledninger og informasjon gjennom fiberoptikk. Under *konstruksjon og virkemåter* skal elevene arbeide både praktisk og begrepsmessig innen områder som materialer og form, bevegelige deler i konstruksjoner og elektrisk styring. Perspektivet *komponenter og systemer* innebærer at elevene skal gjøre seg kjent med hvordan tekniske funksjoner inngår i et større system, hvor komponenter er avhengige av hverandre. *Teknikken, naturen og samfunnet* tar for seg vekselvirkningen mellom menneskelige behov og teknologi. Konsekvenser av konkrete anvendelser av teknologi for individ, samfunn og natur skal belyses, og elevene skal drøfte verdispørsmål, interessekonflikter, endrede livsvilkår og økonomiske forhold som følge av teknisk utvikling. Elevenes opplæring i faget som helhet skal ivareta alle disse perspektivene gjennom varierte arbeidsformer.

Fag- og timefordelingen følger av *Timplan för grundskolan* (Skolverket, 2016c). Faget *teknik* er i samme emnegruppe som *biologi, fysik og kemi*. Til sammen har disse fire fagene et minstetimetall på 800 gjennom hele den niårige grunnskolen i Sverige. Til sammenligning er minstetimetallet for naturfag i Norge 615 fordelt over ti år. Ifølge CETIS – Centrum för tekniken i skolan - varierer det mye hvor mange timer de svenske elevene faktisk har med faget teknik. På noen skoler har de noen timer i faget enkelte uker, noen steder er faget integrert i naturfagene, og på enkelte skoler får ikke elevene faget i det hele tatt. CETIS peker på at mange lærere mangler kompetanse i teknologi, og at det er en viktig årsak til at faget ofte blir nedprioritert. I den svenske *gymnasieskolan* er ikke teknologi et felles fag for alle elever. Elever som ønsker fordypning i realfag, kan der velge mellom *Teknikprogrammet* (Skolverket, 2016b) og *Naturvetenskapsprogrammet*.

På tross av Sveriges relativt lange historie med faget *teknik*, tyder vurderingen fra CETIS på at teknologi integrert med biologi, fysikk og kjemi ofte taper i konkurransen med naturfagene. *Teknik* plassert i en samlepott med timer fra fag med sterke lærer- og fagtradisjoner får ikke det volumet av timer det var tiltenkt som en likeverdig del av faggruppen, det vil si rundt 200 timer av minstetimetallet på 800 timer. Det er mye som tyder på at teknik i Sverige har en posisjon som minner om det norske emnet *teknologi og design* som en del av naturfag. Til tross for at faget har en egen læreplan i Sverige, ser det ut til at de godt etablerte naturfagene med lange tradisjoner og gode lærerkrefter foretrekker det nyere teknologifaget, så lenge det ikke har dedikerte timer og en fast plass på timeplanen.

5.1.2 Finland

I Finland inneholder læreplanen sju flerfaglige emner som skal integreres i ulike fag (Finnish national board of education, 2016). Formålet med flerfaglige tema er å løfte fram

sentrale emner innen utdanning og å studere dem fra ulike faglige perspektiver. Vi kan si at de syv flerfaglige emnene har visse strukturelle likhetstrekk med de fem grunnleggende ferdighetene i den norske læreplanen ved at de er integrert i alle andre fag, men de finske emnene er klart kunnskaps- og dybdeorienterte og ikke rettet mot ferdigheter. Eksempler på emner er personlig vekst, kulturell identitet og internasjonalisme, og medieferdigheter og kommunikasjon.

Et av disse flerfaglige temaene er *teknologi og individ*. Målet med emnet er at eleven skal se individets forhold til teknologi og forstå betydningen av teknologi i vårt daglige liv og som en del av den kulturelle utviklingen. De skal forstå livsløp og utviklingssyklus av teknologi og relasjoner mellom teknologi og samfunnsutvikling. Informasjonsteknologi og bruk av datanettverk er et tema i tillegg til likestilling og etiske spørsmål. Det flerfaglige emnet har egne definerte kompetansemål, men ikke dedikerte timer, slik det også er med de seks andre tverrfaglige temaene i den finsk læreplanen. Järvinen & Rasiinen (2015) peker på noen utfordringer med denne modellen, basert på en omfattende spørreundersøkelse rettet mot elever på 9. trinn. Emnet er obligatorisk, men det er likevel en tendens til at *teknologi og individ* ikke blir prioritert etter intensjonen i læreplanen. Undersøkelsen avdekker også svak kompetanse i teknologi blant elevene, slik faget er definert i den finske læreplanen. Forfatterne peker på flere årsaker til dette. Lite har blitt gjort for å videreutdanne lærere, og det er opp til lokale skoler/myndigheter å implementere de flerfaglige emnene i lokale læreplaner i Finland. Faget er satt inn i planstrukturen, men har ikke ressurser til å bli implementert i skolen på en god måte. Emnet teknologi har en spesiell utfordring ved at det i liten grad er definert hva som ligger i begrepet teknologi, og det er derfor uklart hvordan kompetansemålene kan tolkes. Også i Finland peker de på problemet med at teknologi ikke har fastsatte timer, og at skolene mangler kompetente lærere. Emnet er dermed utsatt for lokale nedprioriteringer.

5.1.3 England

I England (og Wales) er *Design & Technology* et fag gjennom hele skoleløpet (Department for Education, 2013). Faget ble etablert på slutten av 1980-tallet som ledd i å modernisere håndverksfagene i skolen, og faget hadde opprinnelig et sterkt fokus på designprosess og prosessferdigheter. Faget har gjennomgått vesentlige endringer, men er fortsatt sterkt knyttet til industriell design og til å utvikle elevers innovative evner knyttet til produktutvikling. Faget er strukturert omkring de tre aktivitetsorienterte områdene designe, lage, evaluere, og et mer analytisk emne som heter teknisk kunnskap. Det er lagt stor

vekt på de praktiske sidene med teknologi og det inspirerende elementet ved å produsere noe. Matlaging og kosthold er også, noe overraskende, lagt under emnet teknologi og design i England. Emner som vektlegges, er utviklingsprosesser og hjelpemidler for å generere designideer, å tilegne seg en nyansert og variert tilnærming til materialer og design og å forstå mekaniske systemer. Planverket har også et punkt om digitale systemer. Samfunnsperspektiver på teknologi nevnes også, men faget er i hovedsak instrumentelt i den forstand at forståelse skal skapes gjennom praktisk arbeid og konstruksjon, og gjennom evaluering av tekniske innretninger.

Det engelske faget *Design & Technology* var en viktig inspirasjonskilde da det tverrfaglige området *teknologi og design* ble formulert i norsk skole med Kunnskapsløftet. Vekt på praktiske eksperimenter og kobling mot design og utvikling er viktig i det engelske faget, som i det norske. Forskjellene mellom læreplanene i Norge og England er likevel relativt store, blant annet ved at de engelske skolene har betydelig autonomi og ikke i samme grad er bundet til et timetall på hvert område. Vinklingen på faget i England er påvirket av at teknologi blir sett på som et tverrfaglig område som skal danne en praktisk og motiverende arena for å lære naturfag og delvis matematikk (Bungum, 2006). I England starter de nå også med et nytt fag som heter *Computing* i tillegg til faget *Design & Technology*.

5.1.4 USA

USA har ikke nasjonale læreplaner, men det er utviklet noen standarder for læring av teknologi. Disse standardene er delvis ment som inspirasjon til lokale læreplaner, og delvis som rådgivende kvalitetskrav til utdanningen. Standardene er utviklet ut fra et ønske om å påvirke skolen, men de har ellers ingen formell status. Et eksempel er *Next Generation Science Standards* (NGSS, 2013). Spesielt med denne planen er at det er definert parallelle læringsløp mellom ingeniørvitenskap og naturfag. Det betyr at teknologi, i form av ingeniørkunnskap, er definert som en del av naturfaget uten at teknologi bare betraktes som anvendt naturvitenskap. Praksiser som elever skal delta i:

1. Asking questions (for science) and defining problems (for engineering)
2. Developing and using models
3. Planning and carrying out investigations
4. Analyzing and interpreting data
5. Using mathematics and computational thinking
6. Constructing explanations (for science) and designing solutions (for engineering)
7. Engaging in argument from evidence

8. Obtaining, evaluating, and communicating information

Praksiser som definert over, utgjør en av tre dimensjoner i programmet. De to øvrige er *crosscutting concepts*, som er overgripende begreper som stabilitet og endring, struktur og funksjon, systemer og modeller, og *disciplinary core ideas* som er nøkkelideer innen de ulike delene av faget. Til sammen dekker programmet både prosess- og produktaspektet ved naturfag og teknologi, og formuleringen av «praksiser» framstår som konstruktivt og dynamisk med en reell balanse mellom ingeniørkunnskap og naturfag.

I tillegg har de i USA en standard for utdanning i teknologi, beregnet på elever fra 6 til 16 år (grade 1-12), *Standard for Technological Literacy* (ITEA, 2007). Denne standarden presenterer en visjon for hva elever bør ha kunnskap om for å være «teknologisk allmenndannet» (technological literate). Denne standarden bygger på en bred definisjon av hva teknologi er, og hvordan kunnskap om teknologi bør være en del av en felles allmenndannende skole, og forfatterne ser den som et utgangspunkt for å utvikle læreplaner for skolen. Derfor er standarden på et veldig overordnet nivå, og den er delt inn i fem hovedområder:

1. *The Nature of Technology* dreier seg om kjernebegreper og relasjoner.
2. *Technology and Society* gir et historisk blikk på miljøkonsekvenser og kulturelle, sosiale, økonomiske og politiske konsekvenser.
3. *Design* har med det ingeniørmessige i temaet, men også innovasjon, eksperimentering og problemløsning.
4. *Abilities for a Technological World* handler om utviklingssyklus og livsløp for teknologi, samt vurderinger av teknologiens virkninger.
5. *The Designed World* tar for seg de forskjellige typer teknologier som finnes, som energiteknologi, medisinsk teknologi, bioteknologi med flere.

Standarden er normativ og en appell til handling i amerikansk skole. Standarden legger stor vekt på «literacy»-begrepet for teknologi. Det handler om at amerikansk utdanning skal gi innbyggerne mulighet til demokratisk deltagelse ved at de skal kunne forstå teknologi. Men enda sterkere er ønsket om å styrke ingeniørkunnskap som fag og få til koblingen med naturfag, slik at innovasjon og nasjonal konkurransekraft styrkes.

Disse to amerikanske standardene er forskjellige fra planverk i de andre landene og Norge, fordi de fungerer mer som bakgrunnsnotater for planer. De kan derfor ikke sammenlignes direkte med læreplaner i andre land. Standardene har heller ingen status av å være krav til skolen, men har mer en rolle for å påvirke utviklingen av læreplaner

rundt om i USA. Men innretningen på standardene kan til en viss grad vurderes som et annet alternativ til teknologisk utdanning, ved at parallelliteten med ingeniørkunnskap og naturfag er så balansert og tydelig. Videre er vektingen på innovasjon og teknologiens rolle for økonomisk utvikling en viktig del av motivasjonen, sammen med «literacy»-tilnærmingen til teknologi.

5.2 Programmering i skolen

I dette avsnittet ser vi nærmere på internasjonale planer og standarder for å bringe programmering inn i skolen. Vi tar først for oss noen brede komparative studier, og ser deretter litt mer detaljert på Sverige, Finland og England.

Tabell 2 Argumenter for å integrere programmering i læreplanen (European Schoolnet, 2015).

	Fostering logical thinking	Fostering problem solving	Attracting students to ICT	Fostering coding skills	Fostering ICT employability	Fostering other key competences
Belgia (NL)			•		•	•
Bulgaria	•	•	•	•		
Danmark	•	•				•
England	•	•	•	•	•	
Estland	•	•	•			•
Finland	•	•		•		
Frankrike			•		•	•
Irland	•	•	•	•		•
Israel	•	•	•	•	•	•
Litauen	•			•		
Malta			•	•		
Polen	•	•	•	•	•	•
Portugal	•	•			•	•
Slovakia	•	•		•		
Spania	•	•		•		•
Tsjekkia	•	•	•	•	•	•
Ungarn	•	•				
Østerrike	•	•	•	•	•	•

Tabell 3 En oversikt over deltakerlandenes prioriteringer på IKT i grunnskolen (European Schoolnet, 2015).

	Digital kompetanse	IKT som læringsverktøy	Brukerferdigheter i IKT	IKT for å utvikle nøkkelkompetanser	Programmering
Østerrike	•	•	•		
Belgia (NL)	•	•		•	
Belgia (FR)	•	•	•	•	
Bulgaria	•		•		•
Tsjekkia	•	•		•	•
Danmark	•	•	•	•	
Estland	•	•	•	•	•
Finland	•	•		•	•
Frankrike	•	•	•	•	•
Irland	•	•		•	•
Israel	•	•	•		•
Ungarn	•		•	•	
Litauen	•	•	•	•	•
Malta			•		
Norge	•	•			
Nederland					
Polen	•	•	•	•	•
Portugal	•	•		•	
Spania	•	•	•	•	
Slovakia	•	•		•	
England	•		•		•

I rapporten *Computing our future* (European Schoolnet, 2015) er det en oversikt over hvilke begrunnelser som er gitt for å integrere programmering i læreplanene i forskjellige land. Argumentene kan deles i seks kategorier, og mange av landene bruker flere av

disse argumentene:

- Fremme logisk tenkning
- Fremme problemløsningskompetanse
- Tiltrekke elevene til IKT
- Fremme ferdigheter i å skrive kode
- Rekruttere arbeidstakere til IT-bransjen
- Fremme andre viktige kompetanser

Å fremme logisk tenkning og problemløsningskompetanse anses av de fleste landene som viktige argumenter for å integrere programmering i skolen. Tabell 2 viser en oversikt over hvordan de ulike landene i *Computing our future* begrunner innføring av programmering i skolen.

Organisasjonen European Schoolnet har videre gjennomført en undersøkelse om i hvilken grad 21 av deres medlemsland har digital teknologi som en del av sine læreplaner (Tabell 3). Undersøkelsen viser at det kun er Norge, Nederland og Vallonia i Belgia som rapporterer at de verken har eller planlegger å innføre programmering i sine læreplaner. Det er også verd å merke seg at i ICILS-studien (Hatlevik & Throndsen, 2015) som i utgangspunktet undersøker digital literacy, finner vi at av de 20 landene som deltar der (det er 5 land som deltar i både ICILS-studien og i studien til European Schoolnet, deriblant Norge), er Norge i en særstilling. Alle landene i ICILS-studien har enten programmering som en del av sine læreplaner, eller de er i ferd med å legge det inn i dem, med unntak av Norge.

Blant de 16 landene som nå faktisk har lagt inn programmering som en del av læreplanene, er det store forskjeller på hvordan dette er gjort. Noen land har integrert programmering i ulike fag (Danmark, Estland, Finland, Slovakia, Spania), mens andre land i undersøkelsen har lagt det inn i læreplanene som et eget teknologifag. Eksempelvis har engelsk skole fått faget *Computing* i 2014, mens Frankrike og Finland integrerer programmering i matematikkfaget.

Sverige planlegger å implementere programmering i kursplanene for *matematikk* og *teknikk*. Skolverket (2016a) har på oppdrag fra regjeringen i Sverige kommet med et forslag til hvordan programmering og digital kompetanse kan forsterkes i skolen og tydeliggjøres i undervisningen. Disse forslagene er nå ute på høring. Satsingen begrunnes blant annet med økt digitalisering i samfunnet:

I kursplanen i matematik föreslås programmering handla till exempel om att träna eleverna i att skapa, beskriva och följa entydiga och stegvisa instruktioner och att använda programmering för att lösa problem.

I teknik föreslås programmering handla till exempel om att använda programmering för att styra föremål eller egna konstruktioner men också att förstå att datorer styrs av program och kopplas ihop i nätverk.

I **Finland** har de reformert læreplanene, og de settes nå i verk fra høsten 2016. Der er programmering som nevnt tatt inn som en del av matematikkfaget. Planen foreligger i skrivende stund kun på finsk, men ifølge et notat fra IKT-senteret (Sevik, 2015) legger finnene vekt på algoritmisk tekning. Programmering er gjennomgående på 1.-9. trinn, og utviklingen går fra enkel testing av kode, via visuell programmering, til at elevene selv skal kunne skrive enkle programmer.

Hovedformålet med det nye faget *Computing* i **engelsk skole** er å utvikle det de kaller for *computational thinking* (det algoritmisk tenkning) – et begrep første gang brukt av Papert (1980). Algoritmisk tenkning omhandler mer enn det å skrive kode, samtidig som det å skrive programkode er utgangspunktet for dette tankesettet. Elevene skal tilegne seg abstraksjon, programmeringsbasert logikk, algoritmisk tekning og datarepresentasjon. Videre skal de lære seg å løse problemer ved hjelp av programmering. Elevene skal også være i stand til å analysere ukjent digital teknologi og kunne bruke digital teknologi kreativt.

Det er tydelig å se at det er en utvikling mot å bringe programmering inn i skolen i en rekke land. Begrunnelsene er litt forskjellige, men også ganske omfattende og går langs flere argumentasjonslinjer. Programmering i seg selv blir sett på som en viktig ferdighet i lys av det som ofte kalles det 21. århundres kompetanser, og som er en måte å tilnærme seg problemløsning på gjennom algoritmisk tekning. Særlig i finske og engelske planer er dette eksplisitt formulert, mens det i Sverige ligger mer implisitt. Et bredt argument som føres i de fleste land, er også at fremtidens samfunnsborgere må forstå digital teknologi for å være relevante for fremtidens arbeidsmarked. Selv om relativt få vil ha programmering som hovedaktivitet i sitt arbeid, ses programmering på som et virkemiddel for å forstå kompleksitet, og som en forutsetning for kreativt arbeid med teknologi, slik den engelske planen understreker. Teknologisk kunnskap som forutsetning for å handle

i et demokrati er mindre eksplisitt til stede i planene, men understrekes i en av de amerikanske standardene. Økt digital kompetanse gjennom programmering er et gjennomgående argument hos de fleste som innfører programmering i skolen.

5.3 Oppsummering

Teknologi er ikke veldefinert som skolefag internasjonalt når vi ser de forskjellige fagplanene på tvers. Vi kan identifisere fire utgangspunkter for teknologi i skolen: integrert i naturfag (som i Norge), knyttet til håndverksfag, som en del av STEM-fagene og som eget fag. Enkelte land har hatt faget over noen år, som Sverige og England, men i de fleste landene er fagområdet relativt nytt, som i Norge. Det er slående at faget vurderes som et vanskelig fag å integrere i skolen. De tydeligste årsakene ser ut til å være svak lærerkompetanse, manglende spesifisering av timeantall og for tett integrering med fag som har lengre tradisjon i skolen og bedre lærerkrefter. Dermed blir ikke faget prioritert, selv med gode hensikter i læreplanene. Et tilleggselement som særlig er tydelig i spørreundersøkelsen av den finske skolen, er at definisjonen av hva faget skal inneholde, er for uklart og lite omforent.

Når det gjelder programmering i skolen, er det en stor bevegelse i læreplanene. Endringer i løpet av de siste 2-3 årene har ført til at programmering og digital teknologi er på vei inn i skolen, slik vi ser det i Finland, Sverige og England. Men planene er fortsatt bare i begrenset grad satt ut i livet, og det er fortsatt få erfaringer og lite forskning å hente fra læring av digital teknologi i skolen. De store ambisjonene for programmering i skolen internasjonalt dreier seg mye om å tilpasse utdanningen til framtidens arbeidsliv. Men også ideen om algoritmisk tenking som kan utvikles som problemløsningskompetanse gjennom programmering, står sterkt i mange læreplaner. Når vi leser de brede undersøkelsene (European Schoolnet, 2015; Hatlevik & Throndsen, 2015), er det slående hvordan Norge er et av de få landene som utmerker seg ved ikke å ha konkrete planer for å bringe programmering inn i skolen som en egen aktivitet.

6 anbefalinger

Det viktigste en generasjon kan gjøre, er å forberede neste generasjon for samfunnet som ligger foran dem. Denne rapporten forsøker å påvise hvordan teknologi og særlig digital teknologi, har påvirket, påvirker og i økende grad vil fortsette å påvirke samfunnet som ligger foran oss. Teknologisk kompetanse vil være helt avgjørende for å kunne fungere og bidra i framtidens samfunn. Skolens oppgave er å gi elever grunnleggende kunnskaper og holdninger, en allmenndannelse elevene trenger i det samfunnet som de skal sette sitt preg på, være med på å utvikle og gi retning til. I en teknologisk allmenndannelse ligger det å kunne anvende, analysere og utvikle våre omgivelser, og dette krever en grunnleggende kompetanse om hvordan teknologiske systemer er satt sammen og fungerer. Opplæringen må gi alle elever mulighet til å skape, utforme og designe både enkle og mer sammensatte teknologiske produkter med ulike materialer og teknikker. Praktiske ferdigheter og prosesskompetanse vil danne et verdifullt grunnlag for videre utdanning og yrkesvalg.

Digital teknologi er en viktig del av teknologifaget. Det framstår både som et kunnskapsområde i seg selv og som et sentralt verktøy for andre områder og fag. Digital teknologi har endret samfunnet vårt radikalt de siste tiårene, og vil fortsette å endre hvordan vi utfører våre daglige oppgaver i årene som kommer. Teknologisk kunnskap dreier seg om hvordan teknologi kan videreutvikles ved å sette sammen kjente moduler (byggeklosser) på nye måter. En kjernekompetanse i digital teknologi er kunnskap om hvordan dette kan gjøres gjennom programmering, og for å oppnå en slik kompetanse må elevene selv få betydelig erfaring med å programmere en datamaskin. Som innenfor generell teknologi vil dette både innebære forståelse av moduler på ulike abstraksjonsnivåer og hvordan modulene settes sammen for å løse problemer. Gjennom dette skal elevene også få kunnskap om prosessen som ligger bak utviklingen av teknologi og involveringen av interessenter i en slik prosess. Og de skal kunne sette teknologiske produkter inn i en større sammenheng for individer, organisasjoner og samfunn.

Teknologi er et eget kunnskapsområde med praktiske og kreative elementer, og elever trenger kompetanse i teknologi på egne premisser og ikke kun for å lære andre fag. Innholdsmessig står skolen for fjernt fra elevenes teknologiske virkelighet. Dagens unge er omgitt av digital teknologi i hjemmet, på skolen og på fritida. Som samfunn er det vårt ansvar å legge til rette for at elevene kan lære og forstå de grunnleggende prinsippene

som ligger bak teknologien som har så stor påvirkningskraft på våre liv. Målet må være å gi dem et grunnlag av kompetanse slik at de selv kan ta kontroll over teknologien og kreativt utvikle den til sitt eget og fellesskapets beste. Dette er en betydelig justering av situasjonen i dagens skole der digital teknologi primært er knyttet til den grunnleggende ferdigheten «digitale ferdigheter», hvor bruken av teknologien er det sentrale.

Teknologi som fagområde bør stå på egne ben i læreplaner og i undervisning. Erfaring fra Norge og andre land viser at det ikke er hensiktsmessig å lære om teknologi ved å integrere det i andre fag. I Norge er det flerfaglige emnet teknologi og design ikke knyttet til naturfagets tradisjonelle identitet og metoder, og mange lærere opplever at de ikke har den kompetansen som skal til for å undervise i teknologi. Resultatet er at emnet blir systematisk nedprioritert, og dets egenart overdøves av det aktuelle naturfagets vel etablerte tradisjoner og fagkultur.

Teknologi innføres nå som fag i en rekke land, og flere land integrerer også programmering i sine læreplaner. I kapittel 5 så vi at 18 av 21 undersøkte europeiske land enten allerede har programmering i sine læreplaner, eller de har konkrete planer om å innføre programmering i skolen. Norge er et av de tre landene som foreløpig ikke har slike planer. Det kan få konsekvenser for oss på mange nivåer.

Et eget teknologifag vil gi eleven en arena for å tilegne seg og trene på ferdigheter i programmering. Å trekke teknologi inn i det faglige innholdet i realfagene (og andre fag) kan synes ambisiøst, men dette er fullt mulig så sant alle elever får en praktisk innføring i programmering. Dette vil danne grunnlag for endret praksis, særlig i matematikk.

Det er skjev kjønnsfordeling i teknologiorienterte valgfag både i grunnskolen og i videregående opplæring. Et obligatorisk fag i teknologi og programmering vil gi et mest mulig likt tilbud til alle elever.

Arbeidsgruppa foreslår at det opprettes et nytt obligatorisk fag i grunnskolen. Faget skal omfatte teknologi og programmering. Det skal være et praktisk fag hvor eleven får mulighet til å tilegne seg grunnleggende, teknologisk kompetanse.

Et selvstendig, obligatorisk fag i teknologi og programmering gir et felles grunnlag for fornyelse av det faglige innholdet både i realfagene og i de øvrige fagene. Dette må gjøres i respekt for egenarten i det enkelte faget samtidig som det faglige innholdet ses i lys av mulighetene som ligger i teknologi og programmering. Se vedlegget med et enkelt eksempel i matematikk.

Etter vår vurdering er det særlig tre elementer som er sentrale for en vellykket implementering av teknologi og programmering som eget fag i grunnskolen: lærerkompetanse, dedikerte timer og ressurser og engasjement fra skoleeier og skoleledelse.

Utviklingen av *lærernes kompetanse og identitet* er et sentralt moment for en vellykket implementering av et nytt fagområde. Lærere vil ha behov for generell teknologisk kompetanse og kompetanse i programmering for å kunne undervise i emnet. Det er en stor fordel med lærere som identifiserer seg med faget. Det nye faget må få konsekvenser for lærerutdanningen, og det bør opprettes fagmiljøer i teknologididaktikk for å utvikle fagets identitet og metoder.

Erfaringer fra det flerfaglige emnet teknologi og design i Norge og teknologiutdanning i land som Sverige og Finland viser gjennomgående at det er svært viktig med *dedikerte timer og ressurser* til et nytt fag. Uten en tydelig plass på timeplanen og dedikerte ressurser til faget blir teknologi lett nedprioritert til fordel for de mer etablerte naturfagene.

Støtte og tilrettelegging fra skoleeier og skoleledelse er en forutsetning for å få til en vellykket gjennomføring av et fag, spesielt når faget mangler en lang tradisjon å bygge på.

Det er stofftrengsel i skolen, og det skal derfor gode grunner til for å innføre et nytt fag. Arbeidsgruppa mener det er mange og svært gode grunner til å innføre faget *teknologi og programmering* som obligatorisk fag i grunnskolen. Det er så stort misforhold mellom den teknologiske virkeligheten elevene møter, og det de lærer på skolen i dag, at det haster med å fornye opplæringen i teknologi. Elevene skal møte framtidens arbeidsliv og fritid med kompetanse til å håndtere teknologi med kreativitet, og de skal oppleve å ha kontroll over sine teknologiske omgivelser. Det er et spørsmål som i siste instans handler om livskvalitet for den enkelte og om økonomisk, demokratisk og samfunnsmessig utvikling for oss alle.

Referanser

- Arthur, W. B. (2009). *The nature of technology : what it is and how it evolves*. New York: Free Press.
- Barak, M. (2005). From order to disorder : the role of computer-based electronics projects on fostering of higher-order cognitive skills. *Computers & Education*, 45(2), 231–243. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.12.001>
- Barlex, D. (2015). The Future of Technology Education. I P. J. Williams, A. Jones, & C. Bunting (Red.), *The Future of Technology Education* (s. 143–167). Springer Singapore. http://doi.org/10.1007/978-981-287-170-1_8
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning : A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5), 23–37.
- Bishop, J. L., & Verleger, M. A. (2013). The Flipped Classroom : A Survey of the Research The Flipped Classroom. I *Proceedings of the Annual Conference of the American Society for Engineering Education* (s. 23.1200.1 – 23.1200.18). Atlanta, Georgia: ASEE Conferences. Hentet fra <https://peer.asee.org/22585>
- Blomhøj, M. (2003). Læringsvilkår i datamskinbasert matematikkundervisning - elevenes bruk a avanserte matematikkprogrammer. I B. Grevholm (Red.), *Matematikk for skolen* (s. 103–140). Bergen: Fagbokforlaget.
- Borge, I. C., Kristensen, T. E., Lindstrøm, T., Maugesten, M., Meistad, J. A., Nortvedt, G. A., ... Sanne, A. (2014). *Matematikk i norsk skole anno 2014 : Faggjennomgang av matematikkfagene : Rapport fra ekstern arbeidsgruppe oppnevnt av Utdanningsdirektoratet*. Oslo. Hentet fra <http://www.udir.no/tall-og-forskning/finn-forskning/rapporter/Matematikk-i-norsk-skole-anno-2014/>
- Boticki, I., Baksa, J., Seow, P., & Looi, C.-K. (2015). Usage of a mobile social learning platform with virtual badges in a primary school. *Computers & Education*, 86, 120–136. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.015>
- Briså, S., Ingebriksen, R., & Jørgensen, E. C. (2006). *Teknologi- & designboka : en praktisk prosjektbok for lærere i grunnskolen*. Oslo: Damm.

- Bungum, B. (2003). Teknologi - naturvitenskapens uekte barn? En slektsgranskning med undervisningsmessige konsekvenser. I B. Bungum & D. Jorde (Red.), *Naturfagdidaktikk: Perspektiver, forskning, utvikling* (s. 389–405). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Bungum, B. (2006). Teknologi og design i nye læreplaner i Norge : Hvilken vinkling har fagområdet fått i naturfagplanen ? *NorDiNa*, 2(2), 28–39. Hentet fra <https://www.journals.uio.no/index.php/nordina/article/view/422>
- Bungum, B., Esjeholm, B.-T., & Lysne, D. A. (2014). Science and mathematics as part of practical projects in technology and design : An analysis of challenges in realising the curriculum in Norwegian schools, *10*(1), 3–15. Hentet fra <https://www.journals.uio.no/index.php/nordina/issue/view/87/>
- CETIS. (2015). Forskning och utveckling. Hentet fra https://www.liu.se/cetis/forskning/index_for.shtml
- 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. *Educational Research Review*, 9, 88–113. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.001>
- Clements, D. H. (2000). From exercises and tasks to problems and projects. *The Journal of Mathematical Behavior*, 19(1), 9–47. [http://doi.org/10.1016/S0732-3123\(00\)00036-5](http://doi.org/10.1016/S0732-3123(00)00036-5)
- Connolly, T. M., Boyle, E. A., Macarthur, E., Hainey, T., & Boyle, J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59, 661–686. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.004>
- Dabbagh, N., & Kitsantas, A. (2012). Personal Learning Environments, social media, and self-regulated learning : A natural formula for connecting formal and informal learning. *The Internet and Higher Education*, 15(1), 3–8. <http://doi.org/10.1016/j.iheduc.2011.06.002>
- Dahlin, L. K., Svorkmo, A.-G., & Voll, L. O. (2013). *Teknologi og design i skolen*. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- de Vries, M. J., & Mottier, I. (2006). *International handbook of technology education : Reviewing the Past Twenty Years*. Sense Publishers.

- Department for Education. (2013). National curriculum in England : design and technology programmes of study. Hentet fra <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-design-and-technology-programmes-of-study>
- Dundas, A. A. (2011). Hva skjedde med teknologi i skolen? En studie av læreres erfaringer med teknologi og design i grunnskolen. NTNU.
- Esjeholm, B.-T. (2013). Technological Knowledge displayed in D&T classrooms : A video study of the realisation of design and technology education in Norwegian schools. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for naturvitenskap og teknologi, Institutt for fysikk. Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/246923>
- Esjeholm, B.-T., & Bungum, B. (2013). Design knowledge and teacher--student interactions in an inventive construction task. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(3), 675–689. <http://doi.org/10.1007/s10798-012-9209-5>
- European Schoolnet. (2015). *Computing our future*. Brüssel. Hentet fra http://www.eun.org/c/document_library/get_file?uuid=3596b121-941c-4296-a760-0f4e4795d6fa&groupId=43887
- Farstad, P. (2001). Om design : Fra LFS' dagskonferanse om design i skolen 4. mai 2001. Hentet 7. mai 2013, fra http://www.kunstogdesign.no/per_farstad_om_design.htm
- Ferrari, A. (2013). DIGCOMP : A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe. Sevilla. <http://doi.org/10.2788/52966>
- Finnish national board of education. (2016). Basic education. Hentet fra http://www.oph.fi/english/curricula_and_qualifications/basic_education
- Fischer, F., Kollar, I., Stegmann, K., & Wecker, C. (2013). Toward a Script Theory of Guidance in Computer-Supported Collaborative Learning. *Educational Psychologist*, 48(1), 37–41. <http://doi.org/10.1080/00461520.2012.748005>
- Furberg, A., Kluge, A., & Ludvigsen, S. (2013). Student sensemaking with science diagrams in a computer-based setting. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 8(1), 41–64. <http://doi.org/10.1007/s11412-013-9165-4>

- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12 : A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43.
<http://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Grønmo, L. S., Bergem, O. K., Kjærnsli, M., Lie, S., & Turmo, A. (2004). *Hva i all verden har skjedd i realfagene? Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2003*. Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling.
- Habgood, M. P. J., & Ainsworth, S. E. (2011). Motivating Children to Learn Effectively : Exploring the Value of Intrinsic Integration in Educational Games. *Journal of the Learning Sciences*, 20(2), 169–206. <http://doi.org/10.1080/10508406.2010.508029>
- Hatlevik, O. E., Egeberg, G., Guðmundsdóttir, G. B., Loftsgarden, M., & Loi, M. (2013). *Monitor skole 2013 : Om digital kompetanse og erfaringer med bruk av IKT i skolen*. Oslo, Norway. Hentet fra <https://iktsenteret.no/ressurser/monitor-skole-2013>
- Hatlevik, O. E., & Throndsen, I. (2015). *Læring av IKT : Elevenes digitale ferdigheter og bruk av IKT i ICILS 2013*. Oslo: Universitetsforlaget. Hentet fra <https://www.idunn.no/laering-av-ikt>
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM Integration in K-12 Education : Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, D.C.: National Academies Press. <http://doi.org/10.17226/18612>
- ITEA. (2007). *Standards for Technological Literacy : Content for the Study of Technology*. Reston, VA: International Technology Education Association. Hentet fra <https://www.iteea.org/File.aspx?id=67767>
- Jarrett, D. (1998). Integrating Technology into Middle School Mathematics. It's Just Good Teaching. Northwest Regional Educational Laboratory.
- Johannesen, M., Øgrim, L., & Giæver, T. H. (2014). Notion in Motion : Teachers' Digital Competence. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 9(4), 300–312. Hentet fra http://www.idunn.no/ts/dk/2014/04/notion_in_motion_teachersdigital_competence_
- Jones, A., Buntting, C., & De Vries, M. J. (2013). The developing field of technology education : A review to look forward. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(2), 191–212. <http://doi.org/10.1007/s10798-011-9174-4>

- Järvinen, E.-M., & Rasinen, A. (2015). Implementing technology education in Finnish general education schools: studying the cross-curricular theme 'Human being and technology'. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(1), 67–84. <http://doi.org/10.1007/s10798-014-9270-3>
- Kluge, A. (2016). Fra PC i skolen til læring med teknologi : Bruk av IKT i 12 klasserom. I *Ark & App*. Utdanningsdirektoratet. Hentet fra http://www.uv.uio.no/iped/forskning/prosjekter/ark-app/kluge_teknologi_ark_app_2016.pdf
- Kluge, A., & Bakken, S. M. (2010). Simulation as Science Discovery : Ways of Interactive Meaning-Making. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 05(03), 245–273. <http://doi.org/10.1142/S1793206810000876>
- Koschmann, T. (1997). Logo-as-Latin Redux. *The Journal of the Learning Sciences*, 6(4), 409–415. Hentet fra <http://www.jstor.org/stable/1466780>
- Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205–226. [http://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00021-X](http://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00021-X)
- Krumsvik, R. J., Egelanddal, K., Sarastuen, N. K., Jones, L. Ø., & Eikeland, O. J. (2013). *Sammenhengen mellom IKT-bruk og læringsutbytte (SMIL) i videregående opplæring*. Bergen.
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., ... Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *ACM Inroads*, 2(1), 32. <http://doi.org/10.1145/1929887.1929902>
- Loi, M., & Berge, O. (2015). *Assessing the Effects of ICT on Learning Outcomes*. Oslo, Norway.
- Ludvigsen, S. R. (2012). What counts as knowledge : learning to use categories in computer environments. *Learning, Media and Technology*, 37(1), 40–52. <http://doi.org/10.1080/17439884.2011.573149>
- Ludvigsen, S. R., & Mørch, A. I. (2011). Theoretical bases of computer supported learning. I V. G. Aukrust (Red.), *Learning and Cognition* (s. 46–51). Burlington: Elsevier Science.

- McFarlane, A. (2015). *Authentic Learning for the Digital Generation : Realising the potential of technology in the classroom*. London and New York: Routledge.
- Meld. St. 27 (2015–2016). (2016). Digital agenda for Norge – IKT for en enklere hverdag og økt produktivitet. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-27-20152016>
- Meld. St. 28 (2015-2016). (2016). Fag - Fordypning - Forståelse : En fornyelse av Kunnskapsløftet. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-28-20152016/id2483955/>
- Moreno-Leon, J., & Robles, G. (2015). Computer programming as an educational tool in the English classroom a preliminary study. I *2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (s. 961–966). IEEE. <http://doi.org/10.1109/EDUCON.2015.7096089>
- Naturfagsenteret. (udatert). Temaside : Teknologi og design. Hentet 25. juni 2016, fra <http://www.naturfag.no/tema/vis.html?tid=1994603>
- Naturfagsenteret. (2015). Årsrapport 2015 : Nasjonalt senter for naturfag i opplæringen. Oslo.
- NCTM. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: The national council of teachers of mathematics (NCTM).
- NGSS. (2013). Next Generation Science Standards. Hentet fra <http://www.nextgenscience.org/>
- NOU 2014:5. (2014). *MOOC til Norge : Nye digitale læringsformer i høyere utdanning*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/NOU-2014-5/id762916/>
- NOU 2014:7. (2014). *Elevenes læring i fremtidens skole : Et kunnskapsgrunnlag*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/NOU-2014-7/id766593/>
- NOU 2015:8. (2015). *Fremtidens skole : Fornyelse av fag og kompetanser*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-8/id2417001/>
- Ottestad, G., Throndsen, I., Hatlevik, O. E., & Rohatgi, A. (2014). *Digitale ferdigheter for alle? Norske resultater fra ICILS 2013*. Oslo, Norway.
- P21. (2015). Framework for 21st Century Learning. Hentet fra <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>

- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic books.
- Rohatgi, A., & Throndsen, I. (2015). Elevenes IKT-bruk. I O. E. Hatlevik & I. Throndsen (Red.), *Læring av IKT: Elevenes digitale ferdigheter og bruk av IKT i ICILS 2013* (s. 93–110). Oslo: Universitetsforlaget. Hentet fra <https://www.idunn.no/laering-av-ikt/kapittel-5>
- Ropohl, G. (1997). Knowledge Types in Technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1), 65–72. <http://doi.org/10.1023/A:1008865104461>
- Rossouw, A., Hacker, M., & de Vries, M. J. (2011). Concepts and contexts in engineering and technology education : an international and interdisciplinary Delphi study. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(4), 409–424. <http://doi.org/10.1007/s10798-010-9129-1>
- Ruseløkka skole. (udatert). Teknologi og design. Hentet 25. juni 2016, fra <https://ruselokka.osloskolen.no/om-skolen/satsingsomrader/teknologi-og-design/>
- Sawyer, R. K. (2006). The new science of learning. I R. K. Sawyer (Red.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge University Press.
- Schön, D. A. (1992). Designing as reflective conversation with the materials of a design situation. *Knowledge-Based Systems*, 5(1), 3–14. [http://doi.org/10.1016/0950-7051\(92\)90020-G](http://doi.org/10.1016/0950-7051(92)90020-G)
- Sevik, K. (2015). Koding i skolen. Notat fra Senter for IKT i utdanningen. Oslo: Senter for IKT i utdanningen. Hentet fra <https://iktsenteret.no/ressurser/notat-koding-i-skolen>
- Sfard, A., & Leron, U. (1996). Just give me a computer and I will move the earth : programming as a catalyst of a cultural revolution in the mathematics classroom. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1994), 189–195. <http://doi.org/10.1007/BF00571078>
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sjøberg, S. (1994). *Naturfaggutredningen : Rapport 1 : Naturfag i grunnskole og lærerutdanning. Sammendrag: funn, anbefalinger og tiltak*. Oslo: Nasjonalt læremiddelsenter. Hentet fra http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2008020500088

- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse : En kritisk fagdidaktikk* (3. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Skolverket. (2011). Kursplan i teknik för grundskolan. Hentet fra <http://www.skolverket.se/laroplaner-amnen-och-kurser/grundskoleutbildning/grundskola/teknik>
- Skolverket. (2016a). Digital kompetens och programmering ska stärkas i skolan. Hentet fra <http://www.skolverket.se/laroplaner-amnen-och-kurser/nyhetsarkiv/nyheter-2016/nyheter-2016-1.247899/digital-kompetens-och-programmering-ska-starkas-i-skolan-1.247906>
- Skolverket. (2016b). Teknikprogrammet. Hentet fra <http://www.skolverket.se/skolformer/gymnasieutbildning/gymnasieskola/program-och-utbildningar/nationella-program/teknikprogrammet>
- Skolverket. (2016c). Timplan för grundskolan. Hentet fra <http://www.skolverket.se/laroplaner-amnen-och-kurser/grundskoleutbildning/grundskola/timplan>
- Skår, A. R. (2012a). Et praktisk og engasjerende møte med teknologi. *Naturfag*, 8(2), 4–6. Hentet fra http://www.naturfagsenteret.no/c1515376/tidsskrift_nummer/vis.html?tid=1994859
- Skår, A. R. (2012b). Hvorfor er de så flinke med teknologi og design ved Ruseløkka skole? *Naturfag*, 8(2), 7. Hentet fra http://www.naturfagsenteret.no/c1515376/tidsskrift_nummer/vis.html?tid=1994859
- Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning : A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337–1370. <http://doi.org/10.1080/09500693.2011.605182>
- Stahl, G. (2015). A decade of CSCL. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 10(4), 337–344. <http://doi.org/10.1007/s11412-015-9222-2>
- Staudenmaier, J. M. (1985). *Technology's storytellers : reweaving the human fabric*. Cambridge, MA: Society for the History of Technology and the MIT Press.

- Sundin, B. (1991). Den kupade handen: historien om människan och tekniken. Helsingborg: Carlsson.
- Tang, K.-Y., Tsai, C.-C., & Lin, T.-C. (2014). Contemporary intellectual structure of CSCL research (2006–2013) : a co-citation network analysis with an education focus. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 9(3), 335–363. <http://doi.org/10.1007/s11412-014-9196-5>
- Utdanningsdirektoratet. (1993). Generell del av læreplanen. Hentet fra <http://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/generell-del-av-lareplanen/>
- Utdanningsdirektoratet. (2006). Læreplan i informasjonsteknologi - programfag i utdanningsprogram for studiespesialisering (INF1-01). Hentet fra <http://www.udir.no/kl06/INF1-01>
- Utdanningsdirektoratet. (2012). Rammeverk for grunnleggende ferdigheter : Til bruk for læreplangrupper oppnevnt av Utdanningsdirektoratet. Hentet fra <http://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/grunnleggende-ferdigheter/rammeverk-for-grunnleggende-ferdigheter/>
- Utdanningsdirektoratet. (2013a). Læreplan i matematikk fellesfag. Hentet fra <http://www.udir.no/kl06/MAT1-04>
- Utdanningsdirektoratet. (2013b). Læreplan i naturfag. Hentet fra <http://www.udir.no/kl06/NAT1-03>
- Utdanningsdirektoratet. (2016). Utdanningsspeilet 2016 : Tall og analyse av barnehager og grunnopplæringen i Norge. Hentet fra <http://udir.no/utdanningsspeilet>
- van Breukelen, D. H. J., de Vries, M. J., & Schure, F. A. (2016). Concept learning by direct current design challenges in secondary education. *International Journal of Technology and Design Education*, 1–24. <http://doi.org/10.1007/s10798-016-9357-0>
- Voll, L. O. (2016). *Studier om teknologi og design i norsk skole*. Hentet fra <http://edu.hioa.no/Naturfag/Teknologistudie.pdf>
- Walker, R. (2003, november 30). The Guts of a New Machine. *New York Times Magazine*. Hentet fra <http://www.nytimes.com/2003/11/30/magazine/30IPOD.html>
- Wasson, B., & Morgan, K. (2013). Information and Communications Technology and Learning : State of the Field Review. Oslo.

Waagene, E., & Gjerustad, C. (2015). *Valg og bruk av læremidler : Innledende analyser av en spørreundersøkelse til lærere : Arbeidsnotat 12/2015*. Oslo. Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/297862>

Vedlegg: Programmering i matematikk

Matematikken er full av regneoppskrifter eller algoritmer. Svært mange av algoritmene er enkle i den forstand at de består i å gjenta en enkel operasjon flere ganger, slik som algoritmene for å addere eller multiplisere flersifrede tall. Andre algoritmer er mer kompliserte, men fellestrekket er at det er mulig å lage en oppskrift vi kan følge uten å tenke så mye. Dessverre fører det til at matematikk på skolen og i folks bevissthet blir redusert til nettopp det å følge oppskrifter.

Den opprinnelige motivasjonen for å bygge datamaskiner var for å automatisere utførelsen av matematiske algoritmer. Fordelen er at en maskin ikke regner feil dersom den er programmert riktig, den blir ikke lei av å utføre algoritmene, og den kan gjøre det mye raskere enn et menneske kan. Samtidig betyr det at algoritmebegrepet blir mye viktigere enn før, fordi vi har fått et så kraftig verktøy for å utføre algoritmene. Det å utvikle nye algoritmer har derfor blitt en enda mer sentral del av matematikk enn før, særlig når en datamaskin i dag kan utføre mer enn 10^{16} regneoperasjoner på ett sekund. Dette er i liten grad reflektert i den matematikken det undervises i på skolen. Datamaskinen brukes stort sett som et verktøy for å gjøre «klassisk» matematikk, og algoritmene er gjemt bak en knapp. Den sentrale, kreative, matematiske aktiviteten som ligger i det å utvikle algoritmer, er for en stor del fraværende. Et eksempel illustrerer dette.

På skolen lærer elevene å løse ligninger, eller rettere sagt ulike klasser av ligninger som lineære, kvadratiske og noen få andre typer. Løsning av ligningene gjøres ved gjentatte ganger å anvende de samme operasjonene på begge sider av likhetstegnet, styrt av en strategi som har som mål å isolere den ukjente variabelen på den ene siden. Når strategien lykkes, er resultatet en eksplisitt formel for løsningen.

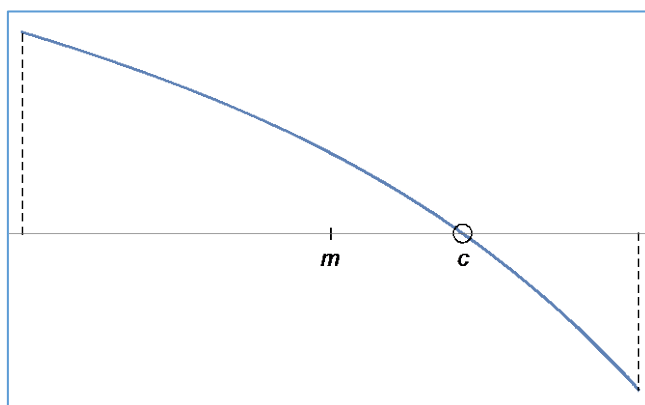
Det er bare noen få ligninger som kan løses på denne måten, og ofte opplever elevene den nødvendige algebraen som krevende (selv om de får god trening i nettopp algebra). Mange elever tror imidlertid at det alltid er mulig å finne en formel for løsningen på denne måten, og når det ikke går, er det fordi de ikke er flinke nok, eller ennå ikke har lært hvordan det skal gjøres.

Kalkulatorer og matematikkprogram har innebygde metoder som kan gi en numerisk tilnærming til løsningen, noe elevene ofte benytter seg av ved å trykke på den magiske «Solve»-knappen når deres egne metoder kommer til kort. Dette oppleves nok av en del

elever som en «ugyldig» måte å løse ligninger på. Men den samsvarer ikke med den vanlige strategien for å løse ligninger, og de aner ingenting om hvordan det fungerer.

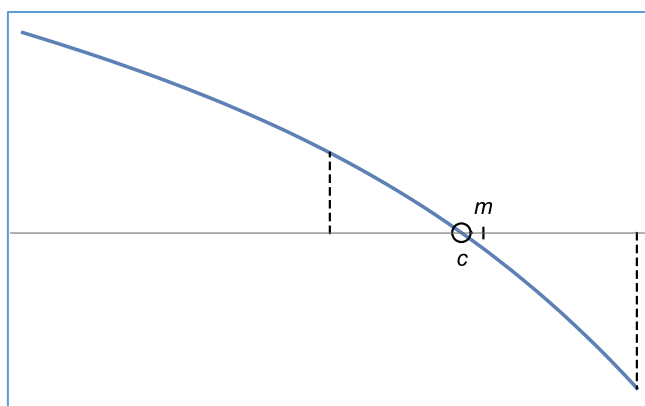
Slike numeriske løsningsmetoder bygger på en helt annen strategi. Den går ut på at ligninger kan løses ved å finne en algoritme som gjør det mulig å regne ut en vilkårlig god tilnærming til den ukjente størrelsen. Gitt at vi har datamaskiner som er svært gode til å utføre algoritmer, da ser vi at slike metoder for å løse ligninger bør være attraktive, ikke minst fordi metodene er svært enkle, og de fungerer for nesten alle typer funksjoner.

Et enkelt eksempel er den såkalte halveringsmetoden som er illustrert i de to figurene. Vi har en kontinuerlig funksjon (en sammenhengende kurve på figuren) som har motsatt fortegn i de to endene av et intervall og dermed må være null et sted imellom. Å finne dette nullpunktet c svarer til å løse en ligning. Vi gjetter på midtpunktet m mellom endepunktene som en tilnærming til nullpunktet c .



Dersom m ikke treffer nullpunktet perfekt ved første forsøk, må funksjonen være positiv eller negativ i m . Dermed kan vi gjenta resonnementet med et av de to intervallene som er halvparten så bredt (det høyre delintervallet i figuren over). Dette er vist i den nederste figuren ved at den nye m -en ligger nærmere c som er den løsningen vi leter etter. Denne prosessen kan fortsettes så mange ganger vi ønsker. For hver iterasjon (gjenta-kelse) får vi en bedre tilnærming til c .

Dette er i realiteten en algoritme som kan omsettes til et dataprogram. Vi observerer at algoritmen må konvergere (nærme seg løsningen c), siden intervallene som genereres, halveres hver gang. Altså har vi en robust numerisk metode for å løse ligninger. Metoden er enkel, langt enklere enn de fleste



algebraiske metodene for å løse ligninger, og langt mer slagkraftig siden den bare forutsetter at funksjonen er kontinuerlig (sammenhengende), og at vi er i stand til å regne ut funksjonsverdier.

Når elevene trykker på «solve»-knappen, er det nettopp en slik algoritme som gjør jobben. Det fins enkle algoritmer som elevene kunne ha programmert selv, men disse er ikke en del av skolematematikken, og når elevene ikke kan programmere, har de uansett dårlige forutsetninger for å ha glede av slike algoritmer. Dersom kreativ algoritmeutvikling skal være en del av matematikkfaget i skolen, må elevene lære å programmere slik at algoritmene kan bli noe mer enn abstrakte oppskrifter på papiret.