

Teknikutvecklingsprocessen

– lärande i grund- och gymnasieskolans
teknikundervisning

Skolforskningsinstitutets systematiska
forskningssammanställningar



Teknikutvecklingsprocessen – lärande i grund- och gymnasieskolans teknikundervisning

PROJEKTGRUPP:

Elín Hafsteinsdóttir, fil.dr (projektledare)
Linnéa Öberg, fil.dr (biträdande projektledare fr.o.m. maj 2024)
Ilana Manneh, fil.dr (biträdande projektledare t.o.m. april 2024)
Lisa Jonsson (informationsspecialist)
Catarina Melin (projektassistent)
Susanne Engström, docent, KTH (extern forskare)
Karin Stolpe, docent, Linköpings universitet (extern forskare)

EXTERNA GRANSKARE:

Berit Bungum, professor, Skolelaboratoriet for matematikk, naturfag og teknologi, NTNU – Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim
Niklas Gericke, professor, Forskningscentret SMEER – Science, Mathematics and Engineering Education Research, Karlstads universitet
Cristian Abrahamsson, lektor Svedala kommun, Klågerupskolan
Yina Salamanca, lärare i matematik, NO och teknik, Vega skola, Haninge kommun

REDAKTÖR: Anna Hedman

ILLUSTRATIONER: Åsa Jóhannsdóttir

OMSLAGSFOTO: Anna Hedman

GRAFISK FORM: Familjen Pangea och Skolforskningsinstitutet

TRYCK: Östertälje Tryckeri, 2025

ISBN: 978-91-988224-2-7 (PDF)

CITERA DENNA RAPPORT: Skolforskningsinstitutet. *Teknikutvecklingsprocessen – lärande i grund- och gymnasieskolans teknikundervisning*. Systematisk forskningssammanställning 2025:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988224-1-0.

©Skolforskningsinstitutet

www.skolfi.se



 Svanenmärkt trycksak, 3041 0342

Skolforskningsinstitutet verkar för att undervisningen i förskolan och skolan bedrivs på vetenskaplig grund. Det gör vi genom att

- sammanställa forskningsresultat
- fördela forskningsbidrag för praktisknära forskning.

Förord

Det finns många olika sätt för lärare att ge goda förutsättningar för att eleverna ska utveckla kunskaper och förmågor i ämnet teknik, och denna systematiska översikt bidrar med möjligheter till fördjupning i en central del i ämnet, nämligen teknikutvecklingsprocessen. Just teknikutvecklingsprocessen innebär ofta en möjlighet för elever att tillsammans i mindre grupper få tänka kring ett problem eller ett behov och använda olika slags kunskaper och förmågor. Den innehåller flera olika delar: kreativitet, utforskande, idégenerering, användarförståelse, beslutsfattande, prövande och systematiskt tänkande.

Översikten vänder sig till dig som undervisar i teknik i grundskolan och gymnasieskolan, liksom till rektorer och andra verksamma som bidrar till elevers kunskapsutveckling. Vår förhoppning är att du med denna översikt både ska få inspiration och känna dig stärkt i ditt uppdrag att utforma undervisning på vetenskaplig grund när du planerar, genomför och utvärderar din undervisning.

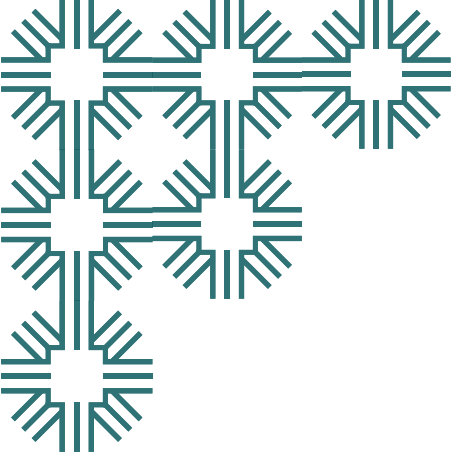
Det är ett komplext arbete att genomföra en systematisk översikt – och det är många personer med olika kompetenser och ansvar som har bidragit i arbetet. Jag vill tacka samtliga och särskilt lyfta fram några personer vars insatser varit avgörande. Elín Hafsteinsdóttir har projektlett arbetet och tillsammans med kollegorna på Skolforskningsinstitutet lagt ner stort arbete. De båda externa forskare som knutits till projektgruppen, Susanne Engström och Karin Stolpe, har gjort viktiga insatser i arbetet från början till slut. Utöver dessa vill jag tacka Berit Bungum och Niklas Gericke för värdefulla synpunkter i sin vetenskapliga granskning. Genom vår process säkerställer vi en hög vetenskaplig nivå. Det är också värdefullt att vi skriver på ett sådant sätt som gör översikten användbar för utformningen av undervisningen. Därför vill jag även tacka Cristian Abrahamsson och Yina Salamanca – erfarna lärare som har bidragit till att säkerställa att vår översikt verkligen kan komma till konkret nytta i klassrummet.

Våra översikter är utformade så att de både passar att ta till sig på egen hand och att använda som underlag i kollegialt lärande, så sprid gärna översikten och arbeta med den tillsammans. Du hittar den, och annat inspirationsmaterial, på vår webbplats skolforskningsportalen.se.

Jag önskar dig god nytta med denna översikt – och lycka till i ditt viktiga arbete för varje elevs utveckling och lärande.

Skolforskningsinstitutet, maj 2025

Christina Månberg
Direktör



Sammanfattning

Denna systematiska översikt sammanställer studier som har analyserat undervisning och lärande i och om teknikutvecklingsprocessen. Syftet med översikten är att ge ökad kunskap om vad i undervisningen som kan skapa möjligheter för elevers lärande, och därigenom bidra till förutsättningarna för att undervisa om den på vetenskaplig grund. Översikten omfattar svenska och internationella studier från motsvarande förskoleklass, grundskola och gymnasieskola. Översikten avser att besvara följande forskningsfråga:

Hur kan lärare utforma undervisning i teknik för att skapa möjligheter för elevers lärande i och om teknikutvecklingsprocessen?

Teknikutvecklingsprocessen är en central del i teknikämnet och innefattar enligt Lgr22 identifiering av behov, undersökning, förslag till lösningar, konstruktion och utprovning. Processen innehåller med andra ord flera olika slags moment såsom systematiskt tänkande, utforskande, idégenerering och beslutsfattande. Dessutom behöver undervisningen kunna innefatta hur processen ser ut i sin helhet med en iterativ process där man prövar och omprövar tekniska lösningar.

Översiktens resultat

De 43 studier som utgör översiktens underlag innefattar resultat som handlar om både processen i sin helhet och enstaka delar av processen. Studier som har undersökt processen i sin helhet har resultat som bland annat belyser i vilken grad elever arbetar med olika delar av processen och om de arbetar iterativt. Andra studier fokuserar på mer specifika aspekter såsom modellering eller arbete med skisser. Relativt många av studierna har fokus på kommunikation och interaktion. Endast ett fåtal studier har ett jämförande anslag för att undersöka effekter av särskilda arbetssätt. Majoriteten studier har som sitt empiriska underlag observationer av undervisningssituationer eller intervjuer. Resultaten från studierna presenteras i tre huvudsakliga teman:

- Helhetsförståelse och iterativt arbetssätt.
- Inramning och utformning av uppgiften.
- Kommunikation och interaktion i grupparbeten.

Helhetsförståelse och iterativt arbetssätt

En röd tråd i studierna är betydelsen av att elever ska få arbeta på ett systematiskt och iterativt sätt. Observationer av undervisningssituationer visar på att eleverna ger vissa delar av processen större utrymme än andra. Till exempel kan eleverna vilja skynda igenom de delar som handlar om att göra undersökningar, analysera olika lösningar och planera för att direkt kunna börja bygga en prototyp. Likaså kan eleverna fastna i idégenerering och ha svårt att fatta beslut.

Ytterligare en utmaning är att eleverna kan komma att pröva sig fram i stället för att arbeta systematiskt med processens olika delar.

I studierna framkommer att det finns olika sätt för lärare att stödja eleverna och skapa möjligheter för dem att arbeta systematiskt och iterativt med hela processen.

Ett sätt är att explicit arbeta med misslyckanden och synen på misslyckanden. Genom att inkludera undervisning om misslyckanden som en nödvändig del av teknikutvecklingsprocessen kan lärare bidra till att elever får en mer positiv syn på att ompröva och förbättra under arbetets gång.

Att inkludera skriftlig dokumentation i form av till exempel loggböcker i undervisningen är ett sätt att ge eleverna stöd genom hela processen. En loggbok ger eleverna möjlighet att sortera information och reflektera över processen. Dessutom kan loggboken fungera som en visuell referens som hjälper eleverna att tillsammans diskutera och reflektera. Den kan även vara ett underlag för läraren att kunna följa elevernas process.

Lärares återkoppling och muntliga stöd är en central aspekt för att stödja elever när de fastnar i specifika delar i processen. Det muntliga stödet kan till exempel ges i form av frågor och ledtrådar. På så sätt kan lärare få eleverna att själva reflektera och komma på hur de kan komma vidare i processen. Genom ledtrådar kan lärare stödja eleverna i vad de kan fokusera på för att komma vidare.

Inramning och utformning av uppgiften

I det här temat beskrivs hur lärare kan arbeta med uppgiftens inramning och utformning för att skapa möjligheter för elevers lärande om hela eller delar av teknikutvecklingsprocessen. Studiernas resultat belyser hur olika grader av öppenhet i uppgifterna kan leda till olika arbetssätt hos eleverna. Genom att ha en öppen ingång till problemet kan lärare till exempel rikta fokus mot att göra undersökningar och formulera problemet. En mer stängd uppgift kan i stället rikta lärandet mot en mer detaljerad utprövning av en viss lösning. Ett sätt att göra uppgiften mer öppen är att rama in den genom en fiktiv berättelse där eleverna ska lösa ett problem i själva berättelsen.

Lärande om teknikutvecklingsprocessen kan ta utgångspunkt i att uppgiften ska vara autentisk eller att elevernas arbetssätt ska likna professionella teknikutvecklare. I studiernas resultat beskrivs dock hur själva skolkontexten innebär begränsningar för autentiska arbetssätt i form av bland annat tidsramar, sociala relationer i klassrummet och strävan efter att uppfylla lärarens förväntningar. I autentiska uppgifter kan det vara utmanande för eleverna att samtidigt arbeta med tekniska och sociala aspekter av problemet som de ska lösa. Läraren kan stödja eleverna att växla mellan olika perspektiv.

Lärare kan vidare behöva stödja eleverna att använda relevanta begrepp under sina teknikutvecklingsprojekt och att använda sig av tidigare kunskap även från andra skolämnen.

Arbete med skisser, ritningar och modeller är en väsentlig del av elevers lärande i och om teknikutvecklingsprocessen. De är viktiga under olika delar av processen och tjänar även som

ett underlag för reflektion och diskussion om processen. Lärare kan behöva stärka elevers förmågor i till exempel ritning för att eleverna till fullo ska kunna använda sig av det i sitt arbete.

Kommunikation och interaktion i grupparbeten

I de inkluderade studierna är det vanligaste undervisningsupplägget att eleverna arbetar gruppvis. Samarbetet mellan eleverna och hur de kommunicerar studeras i några av studierna. Fördelar med grupparbete lyfts i studierna, i synnerhet att eleverna får möjlighet att diskutera och reflektera tillsammans på ett sätt som till viss del liknar professionell teknikutveckling. Det framkommer också att det finns svårigheter, som att diskussioner och beslutsfattande inte alltid handlar om det som är tänkt. Till exempel kan eleverna ha svårt att värdera och jämföra olika alternativ eftersom de tar sociala hänsyn till varandra. Social status i gruppen kan bli avgörande för vilka förslag som gruppen väljer att gå vidare med. Eftersom eleverna kan ha svårt att använda tekniska begrepp och att vara specifika i sina diskussioner finns risk för missförstånd.

Att tillämpa resultaten

Översikten riktar sig främst till lärare i teknik men kan vara av värde även för lärare som arbetar med liknande elevuppgifter i andra ämnen. Likaså kan den vara av nytta för exempelvis lärarstudenter och skolledare.

Förhoppningen är att lärare ska kunna använda sig av översikten i sin professionella yrkesutövning. Förutom att ge en sammanvägd bild av de inkluderade studiernas resultat innehåller den även konkreta exempel från undervisningssituationer i studierna. Översikten kan vara ett diskussionsunderlag i samtal med andra lärare men kan också läsas på egen hand. Se även webbplatsen skolforskningsportalen.se för diskussionsfrågor som kan används för att arbeta utifrån översiktens resultat.

Urval av forskning

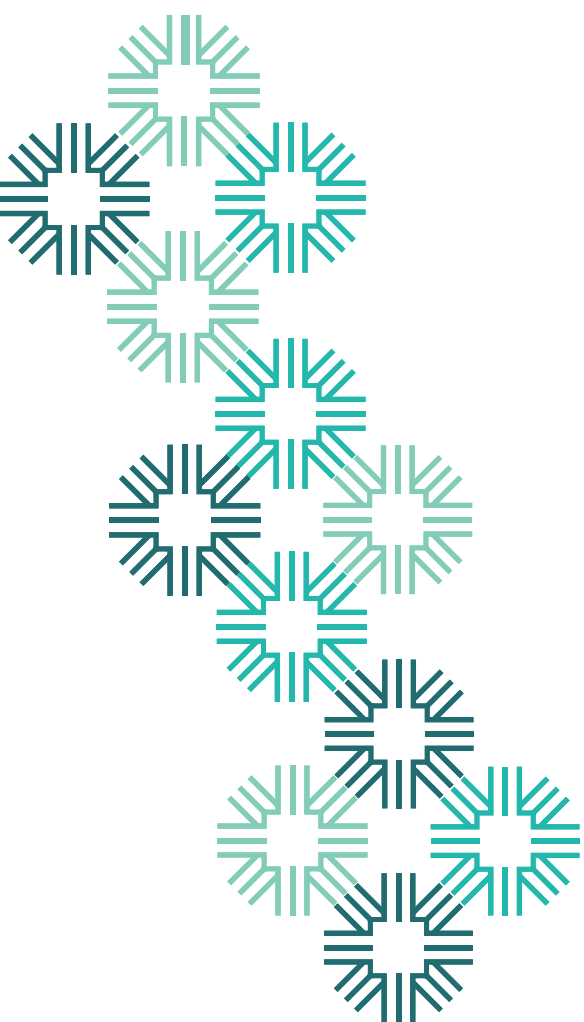
Översikten sammanställer resultaten från 43 studier som har granskats och valts ut efter sökningar i nationella och internationella forskningsdatabaser. En majoritet av studierna kommer från USA men det finns även studier från bland annat Sverige, Australien, Kanada och Nederländerna. Studierna omfattar undervisning och lärande om teknikutvecklingsprocessen i sin helhet eller en viss del av den. Undervisning på låg- och mellanstadiet är vanligast förekommande i studierna.



Innehåll

1. Varför en systematisk översikt om teknikutvecklingsprocessen?	1
1.1 Syfte och frågeställning	2
1.2 Teknik som skolämne	2
1.2.1 Utmaningar för teknikundervisningen	3
1.2.2 Vad menas med teknikutvecklingsprocessen?	3
1.3 Tidigare forskningssammanställningar	5
1.4 Översiktens disposition	5
2. Om denna översikt	7
2.1 Litteratursökning och urval	7
2.2 Vilken typ av studier har översikten fångat?	9
2.2.1 Fördelning på skolstadium	9
2.2.2 Undervisningskontext och lärandemål	9
2.2.3 Studiedesign	10
2.2.4 Geografisk fördelning	11
2.3 Syntes – sammanställa resultat från olika studier	12
2.4 Tabell över studier som ingår i översikten	12
3. Resultat	17
3.1 Helhetsförståelse och iterativt arbetssätt	17
3.1.1 Teknikutvecklingsprocessen som en helhet	18
3.1.2 Misslyckanden som nödvändig del av processen	20
3.1.3 Skriftlig dokumentation för att synliggöra processen	22
3.1.4 Muntligt stöd för att komma vidare i processen	25
3.2 Inramning och utformning av uppgiften	28
3.2.1 Grader av öppenhet i uppgiften	29
3.2.2 Autentiska uppgifter	30
3.2.3 Använda tekniska begrepp och tidigare kunskap	32
3.2.4 Visualisering, simulering och modeller	34
3.3 Kommunikation och interaktion i grupparbeten	38
3.3.1 Kollektiv problemlösning och beslutsfattande	39
3.3.2 Stödja gruppen att stanna i osäkerheten	43
4. Diskussion	47
4.1 Systematiskt och iterativt arbete med hela teknikutvecklingsprocessen	47
4.1.1 Kommunikation och interaktion under hela processen	48
4.2 Stödja elever i olika delar av teknikutvecklingsprocessen	49
4.3 Några aspekter som inte fångas i översikten	50
5. Metod och genomförande	53
5.1 Behovsinventering och förstudie	53

5.2 Frågeställning	54
5.3 Urvalskriterier	54
5.4 Litteratursökning	56
5.5 Relevans- och kvalitetsgranskning	57
5.6 Data- och resultatextraktion	58
5.7 Sammanställning av resultat och slutsatser	59
5.8 Översiktens begränsningar	61
Referenser	62
Tidigare utgivning	69
 Bilagor (återfinns på webbplatsen www.skolfi.se)	
Bilaga 1. Litteratursökning	
Bilaga 2. Bedömningsstöd	



1. Varför en systematisk översikt om teknikutvecklingsprocessen?

I detta kapitel beskriver vi översiktens syfte och frågeställning samt ger en översiktlig bakgrund och presenterar centrala begrepp för översikten.

Det vanliga klassrummet, slöjdsalen, NO-salen eller den särskilt utformade tekniksalen – teknikundervisningens hemvist varierar stort mellan olika skolor och likaså gör tillgången till material och utrustning. I alla dessa klassrum finns möjligheter till lärande om teknikutveckling när det diskuteras hur broar kan konstrueras för att få tillräcklig hållfasthet, det anordnas äggsläpp där eleverna får konstruera fallskärmar som ska kunna ge ägget en mjuk landning från hög höjd eller det utvecklas nya lösningar på komplexa samhällsproblem. Men det är inte alltid säkert att en grupp elevers lyckade äggsläpp medför ett lärande som går att överföra till nya liknande situationer. Och kanske var det bara en elev som var drivande i grupparbetet och som faktiskt kunde tillgodogöra sig de teoretiska kunskaperna bakom konstruktionen av en fallskärm.

Det finns många olika sätt för lärare att ge goda förutsättningar för att eleverna ska utveckla kunskaper och förmågor i ämnet teknik, och mer specifikt i teknikutvecklingsprocessen som är en central del av teknikämnet. Just teknikutvecklingsprocessen innebär ofta en möjlighet för elever att tillsammans i mindre grupper få tänka kring ett problem eller ett behov och använda olika slags kunskaper och förmågor. Det är en process där elever ges möjlighet att i en iterativ process gå från en idé och analys av behov, till att komma fram till en lösning som kan presenteras som exempelvis en prototyp. En teknikutvecklingsprocess innehåller moment med bland annat kreativitet, utforskande, idégenerering, användarförståelse, beslutsfattande, prövande och systematiskt tänkande. Vi har i denna översikt valt att särskilt fokusera på denna process.

1.1 Syfte och frågeställning

Syftet med översikten är att ge ökad kunskap om vad i undervisningen som kan skapa möjligheter för elevers lärande i och om teknikutvecklingsprocessen, och därigenom bidra till förutsättningarna för att undervisa om den på vetenskaplig grund. Frågeställningen som översikten utgår från är:

Hur kan lärare utforma undervisning i teknik för att skapa möjligheter för elevers lärande i och om teknikutvecklingsprocessen?

Valet att inrikta översikten på teknikutvecklingsprocessen har gjorts utifrån en ambition att fånga ett ämnesinnehåll som är centralt inom teknikämnet och som återfinns i olika skolstadier.

Denna översikt inkluderar internationell forskning som har studerat undervisning i motsvarande svensk förskoleklass samt grund- och gymnasieskola. När det är möjligt kommer vi särskilt titta på om det finns skillnader beroende på elevgrupp, till exempel kön.

1.2 Teknik som skolämne

Teknik är ett obligatoriskt ämne i grundskolan, och inom gymnasieskolan finns ämnet på teknikprogrammet och till viss del på naturvetenskapsprogrammet (Skolverket, 2022b, s. 378; 2024b). I timplanen som beslutades 2017 har elever rätt till minst 200 timmar undervisning i teknik under åren i grundskolan (Skolverket, 2025).

Teknikämnet har sin grund i olika traditioner som exempelvis hantverk, slöjd, naturvetenskap, samhällsvetenskap och ingenjörsvetenskap. Ur ett internationellt perspektiv har teknik introducerats som skolämne från 1980-talet och framåt och ser olika ut i olika länder. De flesta länder, till exempel Danmark och Norge, har valt att inte ha teknik som ett eget ämne utan att integrera innehållet med naturvetenskapliga ämnen. Det finns även skillnader i fokus inom ämnet, i till exempel Finland är ämnet starkt hantverksrelaterat och i England ligger fokus på teknikutvecklingsprocessen. I Sverige är teknik ett brett ämne som både täcker in ingenjörsförmågor, miljöfrågor och teknikens koppling till historia och samhälle (Hagberg & Hultén, 2005; Hallström m.fl., 2014; Nordlöf, 2024).

Teknikämnet i skolan kan sägas karaktäriseras av en kluven hållning. Å ena sidan ses teknik som tillämpningar av de naturvetenskapliga ämnena, å andra sidan präglas ämnet av en yrkesinriktad praktik med en egen särart. Denna kluvenhet kan spåras tillbaka i läroplanerna, där teknikämnet har pendlat från att vara ett mer yrkesorienterat ämne, till att lyftas in i blocket tillsammans med naturorienterande ämnen i samband med att ämnet blev obligatoriskt 1980. Samtidigt togs de yrkesförberedande momenten bort. I Sverige finns även liknande ämnesinnehåll, men med mer yrkesförberedande inslag, på bland andra bygg- och anläggningsprogrammet, fordonsprogrammet, naturbruksprogrammet och hantverksprogrammet (Hagberg & Hultén, 2005; Hallström m.fl., 2014; Nordlöf m.fl., 2022.).

1.2.1 Utmaningar för teknikundervisningen

Skolinspektionen publicerade 2014 en granskning av undervisningen inom teknikämnet. I granskningen lyfts flera brister och utmaningar. En sådan brist är vad författarna till rapporten benämner oreflekterat görande, där undervisningen innehåller element som att bygga och konstruera utan att kopplingen till lärandet blir tydlig. En annan utmaning handlar om progressionen i ämnet, där det beskrivs hur vissa ämnesmoment kan återkomma på olika stadier och att det finns stora variationer i vad som undervisas om i en viss ålder. En tredje mer generell utmaning som lyfts är att andelen obehöriga lärare inom teknikämnet är hög samt att det ofta finns brister vad gäller tillgång till material och utrustning (Skolinspektionen, 2014). Andelen behöriga lärare i teknik var under läsåret 2022/2023 näst lägst i grundskolan och lägst i gymnasieskolan, av alla ämnen (Skolverket, 2023).

Utöver det som lyfts i skolinspektionens granskning om undervisningen, har det under en längre tid även lyfts utmaningar av mer generellt slag som kopplar till samhällets kompetensförsörjning. Det har exempelvis lyfts att elevers intresse för teknik sjunker under grundskoletiden samt att det finns stora skillnader mellan flickors och pojkars intresse för teknik. En diskussion har förts om hur man i högre grad kan nå flickor och behålla deras intresse för teknik. Forskning har visat att barns och elevers intresse för teknik grundläggs tidigt och att om elever får positiva möten med teknik där de får uppfattningen att teknik är något för dem, ökar möjligheten att den föreställningen lever kvar (Elvstrand m.fl., 2018; Håkansson, 2024; IVA, 2024; Lindahl, 2003; Skolinspektionen, 2014; Sultan, 2024; Sultan m.fl., 2020; Teknikföretagen & CETIS, 2022).

1.2.2 Vad menas med teknikutvecklingsprocessen?

I styrdokumentet framträder hur elever ska få utveckla kunskaper både om teknik och i teknik (Johansson & Sandström, 2022). Teknikutvecklingens centrala plats framträder i läroplanen för grundskolan (Lgr22) där det i kursplanen står att "[u]ndervisningen i ämnet teknik ska ge eleverna förutsättningar att utveckla [...] förmåga att genomföra teknikutvecklings- och konstruktionsarbeten." (Skolverket, 2022b). Även i ämnesplanen för gymnasieskolan (Gy25) är teknikutveckling centralt och bland annat står det:

Undervisningen i ämnet teknik ska syfta till att eleverna utvecklar kunskaper om teknik och teknikutveckling samt förmåga att lösa tekniska problem. Den ska leda till att eleverna utvecklar förståelse av hela kedjan i teknikutvecklingsprocessen från idé och modell, produkt eller tjänst till användning och återvinning. (Skolverket, 2024b)

I Skolverkets kommentarmaterial till kursplanen i teknik för grundskolan samt till teknikämnet på gymnasieskolan lyfts teknikutveckling som en väsentlig del av ämnet (Skolverket, 2022a, 2024a). I kommentarmaterialet för gymnasieskolan beskrivs hur ämnesplanen i teknik har inspirerats av grundläggande innehåll i ingenjörsutbildningar, vilket syns i bland annat framhävandet av teknikutvecklingsprocessen (Skolverket, 2024a).

I kursplanerna för teknikämnet i grundskolan använder man begreppet teknikutvecklingsarbete och på gymnasieskolan teknikutvecklingsprocess. Vi väljer här att, i likhet med forskningslitteraturen, använda termen teknikutvecklingsprocess för att särskilt belysa att det är en process.

Inom forskningsfältet beskrivs hur teknikutvecklingsprocessen kan se väldigt olika ut beroende på projekt, kontext och profession som utför den. Ingenjörers och andra teknikutvecklares process påverkas av bland annat vetenskapliga, ekonomiska och politiska faktorer. Redan vid identifieringen av vilket problem som ska lösas och undersökningen av behov påverkar valet av metoder processen. Därför finns det inte en definition av teknikutvecklingsprocessen som gäller oavsett projekt (Dym m.fl., 2005; Norman, 1998; de Vries, 2005; Wikberg Nilsson m.fl., 2021).

I Lgr22 beskrivs teknikutvecklingsarbetet som bestående av fem olika delar och för enkelhetens skull väljer vi att som utgångspunkt använda samma benämningar Skolverket (2022b). Vid varje del ges ett par exempel på vad som kan ingå:

- **Identifiering av behov** (till exempel att analysera behov, tydliggöra ett problem och vad som behöver undersökas vidare).
- **Undersökning** (till exempel planering och analys i form av att undersöka tidigare lösningar på problemet).
- **Förslag till lösningar** (till exempel idégenerering och ta fram skissförslag).
- **Konstruktion** (till exempel presentation av ett förslag till lösning genom en visualisering i form av ritning, teknisk beskrivning, prototyp eller modell).
- **Utprovning** (till exempel att testa en konstruktion för att sedan analysera utfallet och justera för ett bättre resultat).

Teknikutvecklingsarbete och dess fem delar ingår i det centrala innehållet för årskurs 4–6 och 7–9. För de lägre årskurserna beskrivs inte vilka delar som ingår, i stället finns bland annat skrivningar om eget konstruktionsarbete, dokumentation av tekniska lösningar och ”[u]ndersökande av hur några föremål i elevernas vardag är utformade och hur deras funktion kan förbättras” (Skolverket, 2022b). Ju äldre eleverna blir, desto större vikt läggs vid att också få kunskaper om själva processen och dess delar.

Läroplanens fem delar överensstämmer i stort med de beskrivningar och illustrationer av processen som finns inom forskningsfältet och olika undervisningssammanhang. Till exempel beskriver CETIS, Nationellt resurscentrum för teknikundervisning i skolan, teknikutveckling på ett övergripande plan som projektering, produktion, distribution, användning och till sist återvinning (avveckling). Projekteringssteget motsvarar den del som undersöks i denna översikt. CETIS beskriver projektering som ”identifiering av behov, analys, idégenerering, inkl. konstruktionsarbete: prototyp och material, utprovning” (CETIS, 2022). Även om det kan finnas variationer i exempelvis begrepp och detaljrikedom så är beskrivningarna av processens huvuddelar likartade, och även betoningen av att det inte är en statisk linjär process. I Skolverkets kommentarmaterial till grundskolans kursplan lyfts särskilt vikten av reflektion och att teknikutveckling handlar om en rörelse mellan de olika delarna (Skolverket, 2022a).

1.3 Tidigare forskningssammanställningar

Det finns tidigare forskningssammanställningar som är relevanta för teknikundervisningen, men vi har inte funnit någon som täcker det vi specifikt vill undersöka.

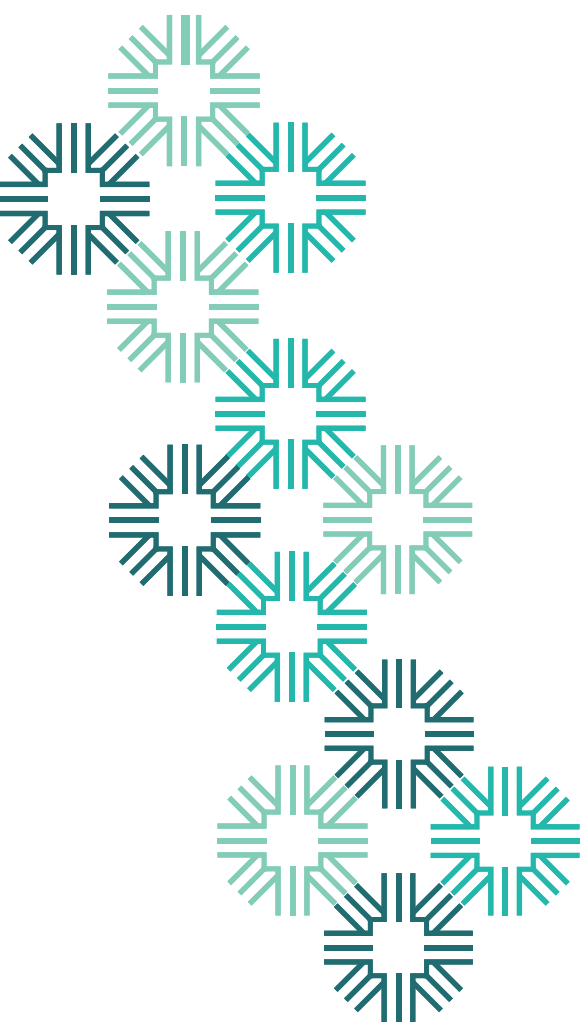
Det finns flera sammanställningar som undersöker elevers attityder till och intresse för teknik (Ankiewicz, 2019; Dailey m.fl., 2018; Potvin & Hasni, 2014; Sultan m.fl., 2019). Några översikter handlar om det praktiska arbetet i teknikundervisning för yngre barn och elever (Bevan, 2017; Jackson m.fl., 2022; Lippard m.fl., 2017). Andra har en mer filosofisk ingång som handlar om vad teknik och tekniska objekt är, till exempel om vad teknik kan vara för yngre barn i förskolan (DiGironimo, 2011; Eliasson m.fl., 2023; Impedovo m.fl., 2017). Ett flertal forskningssammanställningar handlar om programmering i teknikundervisningen, bland annat olika verktyg och arbetssätt för att lära sig programmering (Garneli m.fl., 2015; Morales-Chicas m.fl., 2019).

1.4 Översiktens disposition

I kapitel 2 ger vi en övergripande beskrivning av hur den systematiska översikten har genomförts och en kort beskrivning av vilken typ av studier som ingår i underlaget.

I kapitel 3 presenteras analysen av resultaten från översiktens inkluderade studier i tre teman som tillsammans besvarar vår forskningsfråga. Därefter, i kapitel 4, diskuterar vi de huvudsakliga slutsatserna samt några aspekter som inte fångas i översikten. Till sist ges en detaljerad beskrivning av översiktens metod och genomförande i kapitel 5. På Skolforskningsinstitutets webbplats www.skolfi.se finns de bilagor som hör till översikten: 1. Litteratursökning och 2. Bedömningsstöd.





2. Om denna översikt

I det här kapitlet ger vi en kort beskrivning av genomförandet av översikten samt vilken typ av studier som har fångats i sökningen. I kapitel 5 Metod och genomförande finns en detaljerad redovisning av de metoder som har använts för att söka, granska, analysera och sammanställa den forskning som utgör översiktens underlag.

2.1 Litteratursökning och urval

I arbetet med en systematisk översikt finns det krav på att litteratursökning och urval ska ske på ett systematiskt och transparent sätt. Det ska finnas tydliga kriterier från början för vilken typ av studier som kan inkluderas i underlaget – detta för att minska systematiska fel, så kallat bias, i processen. Frågan om hur lärare kan utforma undervisning i teknik för att skapa möjligheter för elevers lärande i och om teknikutvecklingsprocessen har konkretiserats genom flera initiala beslut om vad vi söker för studier. Kärnan i våra urvalskriterier kan beskrivas i tre sådana beslut.

För det första valde vi att ta med studier som handlar om undervisning i förskoleklass samt i grund- och gymnasieskolan. Undervisningen skulle genomföras inom ordinarie skolkontext men kunde bedrivas av både ordinarie lärare och forskare.

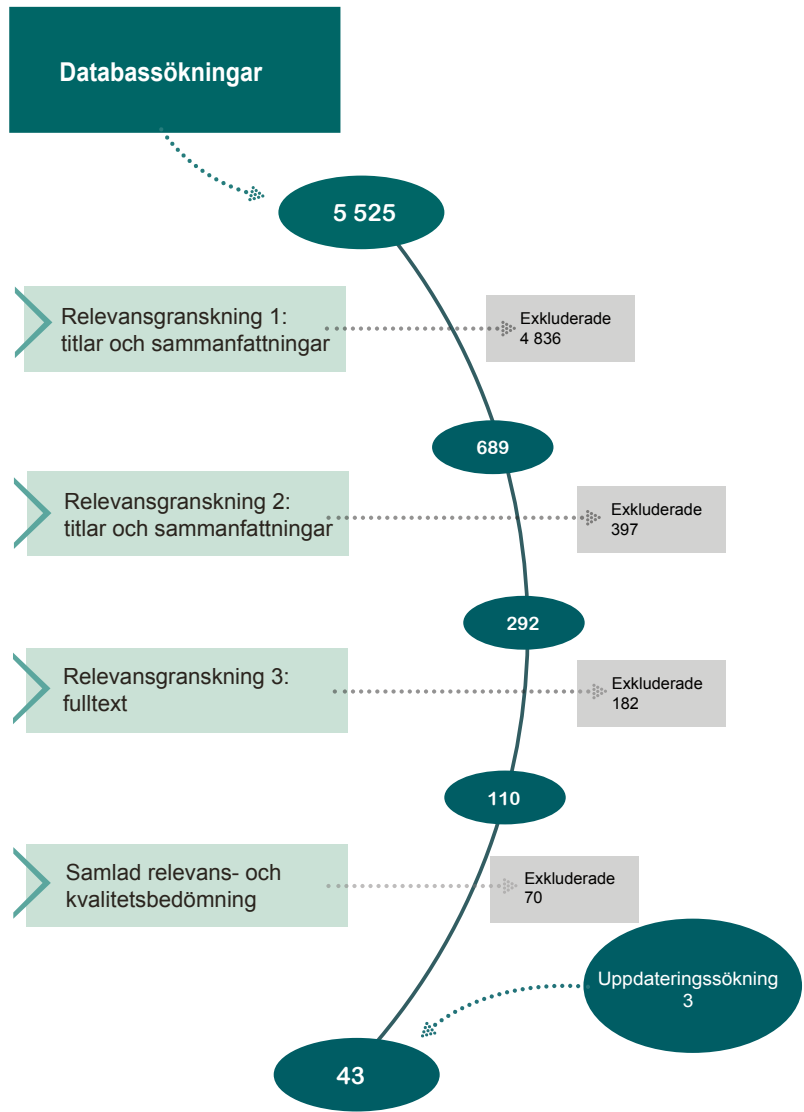
För det andra valde vi att ha ett tydligt fokus på ämnesinnehållet och lärandemålet teknikutvecklingsprocessen. Det innebär att studierna kan ha undersökt teknik och naturvetenskapliga ämnen integrerat, men att lärandemålet måste handla om teknikutvecklingsprocessen i sig; teknikutvecklingsprocessen ska inte endast vara ett medel för lärande i andra ämnen.

För det tredje valde vi att ha en bred frågeställning och därmed inte ha någon begränsning vad gäller studiedesign i studierna, förutom att det måste vara empiriska studier som undersöker undervisning i teknikutvecklingsprocessen.

Litteratursökningen har gjorts i internationella och skandinaviska databaser men endast studier publicerade på engelska eller skandinaviska språk har inkluderats.

Flödesschemat i figur 1 illustrerar urvalsprocessen från litteratursökningen till det slutgiltiga urvalet av studier. Som framgår av figuren resulterade litteratursökningen i 5 525 unika träffar efter att dubbletter tagits bort. Relevans- och kvalitetsgranskningen av dessa gjordes i flera steg. Det slutgiltiga urvalet om 43 studier baserades på en samlad bedömning av studiernas relevans och kvalitet. Urvalsförfarandet och arbetsgången beskrivs detaljerat i kapitel 5 Metod och genomförande.

FIGUR 1. Flödesschema



2.2 Vilken typ av studier har översikten fångat?

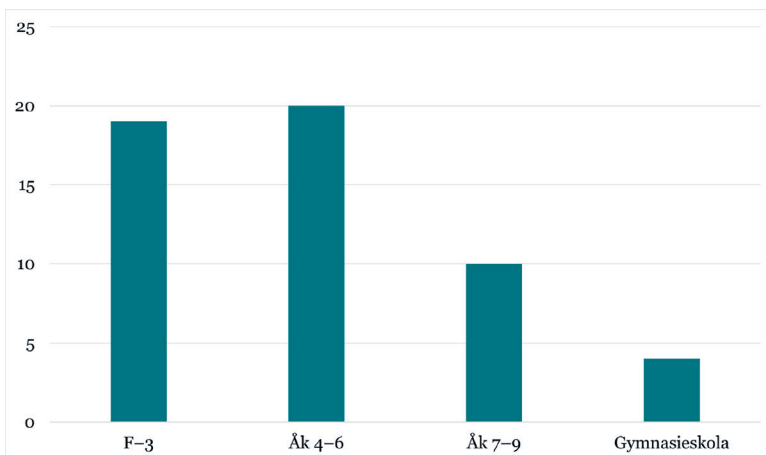
Här presenteras övergripande vad som kännetecknar de 43 studier som har inkluderats efter samtliga granskningssteg.

2.2.1 Fördelning på skolstadium

Urvalet av studier täcker alla stadier men det är flest från motsvarande årskurs 4–6 (20) och från förskoleklass till årskurs 3 (19). Det är få (4) som är från motsvarande gymnasieskola. 10 studier behandlar årskurs 7–9.

Vi vet inte varför så pass få studier har studerat gymnasieskolan. Litteratursökningen har varit bred och kunnat fånga alla skolstadier. En möjlig förklaring kan vara att teknikutveckling är mer i fokus i de lägre åldrarna och att ju äldre eleverna blir ämnesinnehållet mer specialiserat och därför mer indirekt kopplat till teknikutvecklingsprocessen. En annan möjlig förklaring är att en del av teknikundervisningen som bedrivs i svensk gymnasieskola snarare genomförs på lägre universitetskurser i andra länder, exempelvis på amerikansk collegenivå. Eftersom vi inte inkluderat studier på universitets- eller högskolenivå finns dessa studier inte med i underlaget.

FIGUR 2. Fördelning av studier på motsvarande svenskt skolstadium



I några fall har en studie studerat skolklasser som ingår i två olika stadier enligt svensk indelning. Det totala antalet studier i diagrammet är därför större än 43.

2.2.2 Undervisningskontext och lärandemål

I tolkningen av studiernas resultat tar vi hänsyn till undervisningskontext, lektionsupplägg och lärandemål. Till exempel har lärare i vissa studier ombetts att inte ingripa i elevernas arbeten såvida det inte kommer specifika frågor från eleverna. I andra studier är det tvärtom tydligt att

forskarna själva interagerar med eleverna och bidrar med frågor och stöd som det är svårt att bedöma om ordinarie lärare hade kunnat eller hunnit ge. Lärare har i vissa av studierna ingått i kompetensutvecklingsprojekt där även forskarna ibland varit involverade.

I flera studier kopplas teknikutvecklingsprocessen till ingenjörskunskaper, naturvetenskapliga ämnen och matematik och ingår i vissa fall inom samma ämnesstruktur¹.

Beroende på bland annat ämnesstruktur och skolkontext ser lärandemålen olika ut vad gäller vilka ämneskunskaper som ingår. Det kan vara ett mål att eleverna ska lära sig problemlösning och att de ska träna på att arbeta utifrån en relativt öppen uppgift, medan det i andra fall är fokus på vissa delar av teknikutvecklingsprocessen eller ett visst ämnesinnehåll.

I de flesta av de inkluderade studierna har eleverna arbetat gruppvis med olika lektionsuppgifter. En uppgift kan ta allt från en lektion till att spänna över en hel termin.

2.2.3 Studiedesign

I urvalet av studier finns det en bredd av forskningsansatser och studiedesign. De kvalitativa studierna undersöker till exempel interaktionen mellan elever, och de kvantitativa studierna utvärderar och jämför insatser, exempelvis hur väl ett visst verktyg fungerar för elevernas lärande. 33 av studierna använder sig av kvalitativ metod, 6 studier använder en kvantitativ metod och 4 studier har element av båda. Alla studier har granskats utifrån kvalitet och bedömningen har gjorts utifrån vad som anses god kvalitet inom studiernas olika ansatser. Enkelt uttryckt ställs det olika slags krav på till exempel en kvantitativ interventionsstudie och en kvalitativ etnografisk studie.

Oavsett forskningsansats är urvalet i studierna viktigt för tolkningen av resultaten. I vissa studier genomför forskarna intervjuer med elever, eller låter en grupp elever sitta avskilt för att kunna dokumentera hur de kommunicerar med varandra. Urvalen i de inkluderade studierna är ofta små och även om det inte alltid är helt tydligt varför eleverna har valts ut så tenderar urvalet sammantaget att ha en viss överrepresentation av elever som presterar väl i skolan.

Forskarna använder sig av olika teoretiska perspektiv för att rama in sina studier. En återkommande teoribildning som nämns är det sociokulturella perspektivet, men även exempelvis variationsteori (se t.ex. Lo & Johansson, 2014) och framing-teori (se t.ex. Goffman, 1986) finns representerade bland studierna. Begreppet stöttning (scaffolding) används i runt hälften av studierna och då tillsammans med bland annat sociokulturell teori, fenomenologi och fenomenografi. I vår sammanställning av resultaten tar vi hänsyn till att vissa teoretiska perspektiv och begrepp är mer förekommande än andra, för att minska risken för att de perspektiven påverkar det samlade resultatet oproportionerligt mycket. När det är relevant ger vi en kort beskrivning av en studies teoretiska ramverk i samband med att studiernas resultat presenteras.

Lärandet är mestadels beskrivet genom att forskarna observerat och dokumenterat elevernas arbete på lektionerna eller genom en bedömning av själva slutprodukten. Underlaget

1 I studierna betecknas det som STEM (science, technology, engineering, mathematics) eller STEAM (science, technology, engineering, arts, mathematics).

från eleverna kan även bestå av till exempel antecknings- eller loggböcker där eleverna har fått beskriva hur de har arbetat under en teknikutvecklingsprocess.

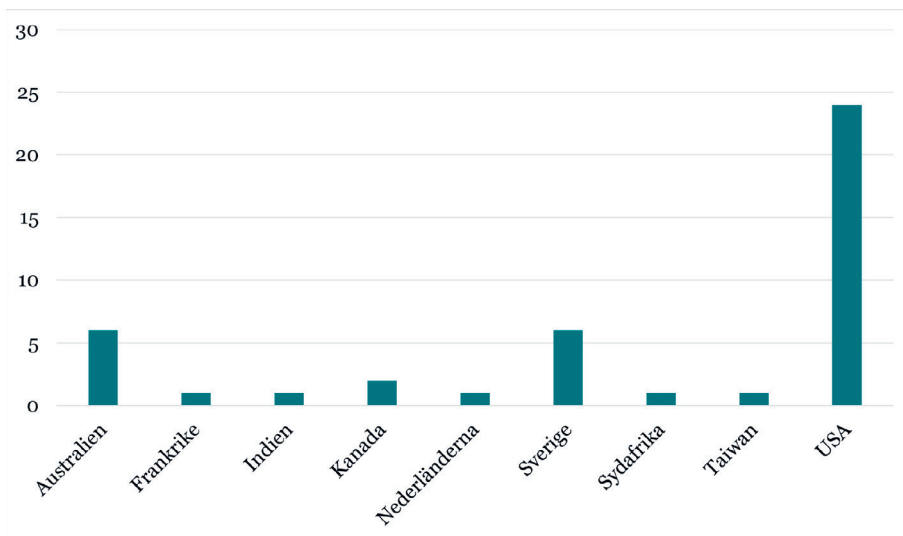
Många av studierna beskrivs av författarna själva som utforskande, och är ofta deskriptiva. De kännetecknas generellt inte av att vara teoriutvecklande eller teoriprovande, snarare är de väldigt praktisknära i så mån att de ofta är konkreta och ger många exempel från empirin. Det kan ha att göra med att ämnesinnehållet är relativt nytt i flera länders läroplaner och att det inom forskningsfältet finns mycket att utforska vad gäller hur eleverna faktiskt deltar och lär sig under lektionerna.

2.2.4 Geografisk fördelning

Det amerikanska forskningsfältet inom utbildning är stort, vilket syns även i den här översikten. En majoritet av studierna (24) är genomförda i USA. Näst flest studier (6) är från Sverige och Australien, men de australiensiska studierna kommer från samma fleråriga forskningsprojekt.

De uppgifter som eleverna arbetar med och som beskrivs i studierna har starka gemensamma drag i både upplägg, ämnesinnehåll och tillgängligt undervisningsmaterial. Alla studier har lästs utifrån ett perspektiv av eventuella likheter och skillnader med svensk undervisningskontext, och vi har inte funnit några avgörande skillnader i fråga om vad eleverna ska få möjlighet att lära sig.

FIGUR 3. Fördelning av studier per land



2.3 Syntes – sammanställa resultat från olika studier

För att kunna besvara frågeställningen behöver vi ge en samlad bild av det vetenskapliga kunskapsläget, med andra ord syntetisera resultaten från de enskilda studierna. Det är tillsammans som studierna kan besvara frågan, inte var och en individuellt.

Resultaten från alla studier har sammanställts och analyserats med fokus på hur de kan besvara den övergripande frågan för översikten: hur lärare kan utforma undervisning i teknik för att skapa möjligheter för elevers lärande i och om teknikutvecklingsprocessen, samt hur resultaten kan översättas till en svensk kontext. Inledningsvis grupperades studierna utifrån deras studiefokus, sedan följde en process av omläsningar och nya kategoriseringar utifrån vår frågeställning. Till sist återstod tre breda teman:

- Helhetsförståelse och iterativt arbetssätt.
- Inramning och utformning av uppgiften.
- Kommunikation och interaktion i grupparbeten.

Inom dessa tre teman ingår olika delar av teknikutvecklingsprocessen.

I möjligaste mån har vi försökt att behålla kopplingen mellan resultat och studiens kontext genom att kortfattat presentera kontexten för undervisningen som de olika studierna har undersökt. Givet att det är ett stort antal studier har dessa beskrivningar dock fått vara korta. Vissa studier har fått ta större utrymme när de har kunnat tydliggöra eller konkretisera en viss aspekt. Då har andra studier med liknande resultat beskrivits kortare.

I analysen och presentationen av forskningsresultaten från de inkluderade studierna har vi tagit särskilda hänsyn till att det är en ojämn fördelning geografiskt.

2.4 Tabell över studier som ingår i översikten

TABELL 1. Inkluderade studier

STUDIE	LAND	DELTAGARE *(motsvarande svensk årskurs)
Berland m.fl. (2014) <i>High school student perceptions of the utility of the engineering design process: Creating opportunities to engage in engineering practices and apply math and science content</i>	USA	179 elever på sju gymnasieskolor.
Berland m.fl. (2013) <i>Student learning in challenge-based engineering curricula</i>	USA	Ungefär 100 elever på sju gymnasieskolor.
Björkholm (2015) <i>Unpacking the object of learning</i>	Sverige	49 elever i en förskoleklass och en årskurs 1.
Björkholm (2018) <i>Sammanfogning av material i eget konstruktionsarbete: Kunlande och elevuppgifter i tidig teknikundervisning</i>	Sverige	53 elever i årskurs 2.

2. OM DENNA ÖVERSIKT

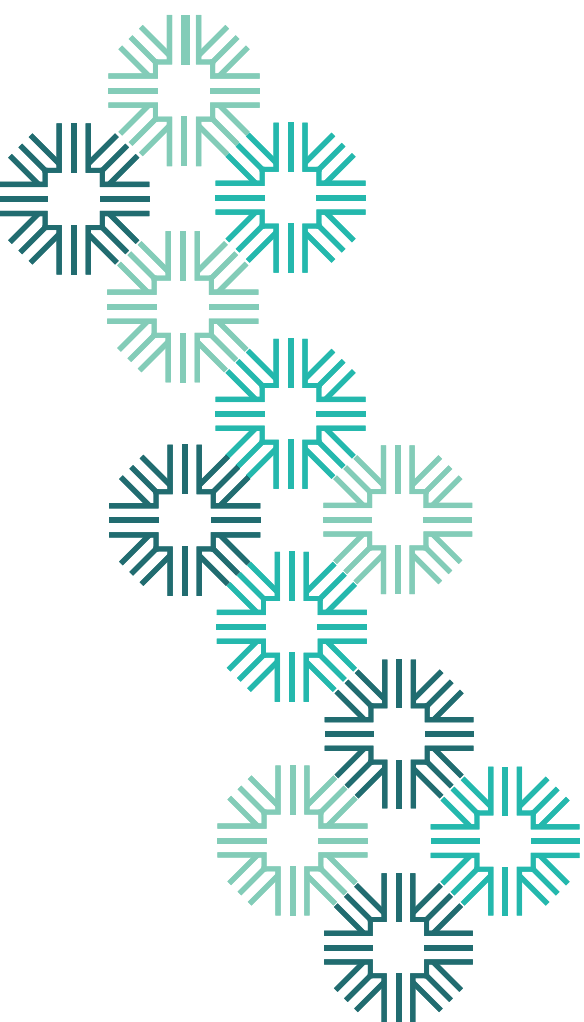
Blom m.fl. (2018) <i>Naïve designers' information use during the design process in a low-resource classroom</i>	Sydafrika	8 elever i årskurs 8.
Blomdahl (2007) <i>Teknik i skolan: En studie av teknikundervisning för yngre skolbarn</i>	Sverige	64 elever i åk 1–3 samt åk 4 på två grundskolor.
Bowen m.fl. (2016) <i>Measuring how the degree of content knowledge determines performance outcomes in an engineering design-based simulation environment for middle school students</i>	USA	133 elever i årskurs 7.
Cederqvist (2022) <i>Designing and coding with BBC micro:bit to solve a real-world task – a challenging movement between contexts</i>	Sverige	14 elever i årskurs 4 och 8.
Chang (2022) <i>Influence of virtual reality on engineering design creativity</i>	Taiwan	131 elever från fyra klasser på en gymnasieskola.
Citrohn m.fl. (2023) <i>The use of models and modelling in design projects in three different technology classrooms</i>	Sverige	Tre klasser i årskurs 7–9.
Cunningham & Kelly (2017) <i>Framing engineering practices in elementary school classrooms</i>	USA	24 elever i årskurs 3 i en klass för högpresterande elever.
Dalvi & Wendell (2024) <i>Epistemic conflict and sensemaking in elementary students' navigation of an engineering task</i>	USA	En klass i årskurs 3.
Douglas m.fl. (2018) <i>Informed designers? Students' reflections on their engineering design process</i>	USA	47 elever i årskurs 4 och 6.
English (2019) <i>Learning while designing in a fourth-grade integrated STEM-problem</i>	Australien	Två klasser i årskurs 3 på en flickskola.
English m.fl. (2013) <i>Engineering-based problem solving in the middle school: Design and construction with simple machines</i>	Australien	16 elever i årskurs 7.
English m.fl. (2012) <i>Engineering design processes in seventh-grade classrooms: Bridging the engineering education gap</i>	Australien	58 elever i årskurs 6.
English & King (2015) <i>STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigations in aerospace</i>	Australien	63 elever i årskurs 3 på tre grundskolor.
English & King (2017) <i>Engineering education with fourth-grade students: Introducing design-based problem solving</i>	Australien	69 elever i årskurs 4 på tre grundskolor varav två flickskolor.

English m.fl. (2017) <i>Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings</i>	Australien	136 elever i årskurs 5 från två grundskolor.
Gillespie Rouse & Rouse (2019) <i>Third graders' use of writing to facilitate learning of engineering concepts</i>	USA	58 elever i årskurs 2.
Gomoll m.fl. (2018a) <i>Between the social and the technical: Negotiation of human-centered robotics design in a middle school classroom</i>	USA	16 elever i årskurs 7 och 8.
Gomoll m.fl. (2018b) <i>Designing human-centered robots: The role of constructive failure</i>	USA	16 elever i årskurs 7 och 8.
Gustafson & MacDonald (2004) <i>Talk as a tool for thinking: Using professional discourse practices to frame children's design-technology</i>	Kanada	4 elever i årskurs 5.
Hertel m.fl. (2017) <i>The roles of engineering notebooks in shaping elementary engineering student discourse and practice</i>	USA	12 elever årskurs 2–4 på fyra grundskolor.
Jordan & Babrow (2013) <i>Communication in creative collaborations: The challenges of uncertainty and desire related to task, identity and, relational goals</i>	USA	24 elever i årskurs 4.
Jung & McFadden (2018) <i>Student justifications in engineering design descriptions: Examining authority and legitimation</i>	USA	9 elever i årskurs 4.
Kaur & Dasgupta (2024) <i>Investigating the interplay of epistemological and positional framing during collaborative uncertainty management</i>	Indien	7 elever i årskurs 5.
Kelley m.fl. (2015) <i>Concurrent think-aloud protocols to assess elementary design students</i>	USA	21 elever i årskurs 4 och 6.
Kim & Roth (2016) <i>Beyond agency: Sources of knowing and learning in children's science and technology-related problem solving</i>	USA	15 elever i åldersblandad klass motsvarande årskurs 1 och 2.
Laisney & Brandt-Pomares (2015) <i>Role of graphics tools in the learning design process</i>	Frankrike	Ungefär 200 elever i årskurs 6.
Lind m.fl. (2022) <i>Students' knowledge of emerging technology and sustainability through a design activity in technology education</i>	Sverige	36 elever i årskurs 7.
MacDonald m.fl. (2007) <i>Enhancing children's drawing in design technology planning and making</i>	Kanada	22 elever i årskurs 2 och 3.

Marks & Chase (2019) <i>Impact of a prototyping intervention on middle school students' iterative practices and reactions to failure</i>	USA	167 elever i årskurs 4 och 5.
McCormick & Hammer (2016) <i>Stable beginnings in engineering design</i>	USA	En klass i årskurs 3.
McFadden & Roehrig (2019) <i>Engineering design in the elementary science classroom: Supporting student discourse during an engineering design challenge</i>	USA	Fyra elever årskurs 3.
Pleasants & Sartin (2024) <i>Supporting informed engineering practices in the elementary classroom: Examining teachers' approaches to scaffolding</i>	USA	Åtta klasser i årskurs 2–4 på åtta grundskolor.
Ramey m.fl. (2020) <i>In-FUSE-ing STEAM Learning with spatial reasoning: Distributed spatial sensemaking in school-based making activities</i>	USA	90 elever i årskurs 4 och 5.
Selcen Guzey & Aranda (2017) <i>Student participation in engineering practices and discourse: An exploratory case study</i>	USA	27 elever i årskurs 8.
Skinner & Harlow (2022) <i>Recognition of design failure by fourth-grade students during an engineering design challenge</i>	USA	270 elever i förskoleklass och årskurs 2 och 3 på två grundskolor.
Vossen m.fl. (2020) <i>Student and teacher perceptions of the functions of research in the context of a design-oriented STEM module</i>	Nederländerna	53 elever i fyra skolor som motsvarar årskurs 9 och gymnasieskolan.
Wendell m.fl. (2017) <i>Reflective decision-making in elementary students' engineering design</i>	USA	23 elever i årskurs 1, 2, 3 och 4 från fyra grundskolor.
Wendell m.fl. (2019) <i>Supporting knowledge construction in elementary engineering design</i>	USA	44 elever i årskurs 3 och 4.
Wright m.fl. (2018) <i>"Just put it together to make no commotion:" Re-imagining urban elementary students' participation in engineering design practices</i>	USA	6 elever i årskurs 3 och 5 på två grundskolor.

*Här tas endast eleverna upp men även lärare har studerats i flera av studierna. Vi har valt att utgå från elevernas ålder och översätta till motsvarande årskurs i svensk kontext.





3. Resultat

Det här kapitlet presenterar en syntes av de 43 inkluderade studierna. Fokus är på de resultat som kan besvara forskningsfrågan:

Hur kan lärare utforma undervisning i teknik för att skapa möjligheter för elevers lärande i och om teknikutvecklingsprocessen?

Resultateten har kategoriserats enligt tre teman som på olika sätt handlar om att skapa möjligheter för lärande. Beskrivningar från studierna används för att exemplifiera och belysa de tre temana. Det första temat fokuserar på den iterativa processen och att främja en helhetsförståelse. Det andra temat handlar om inramning och utformning av uppgiften. Det tredje temat belyser kommunikation och interaktion i grupparbeten.

De huvudsakliga temana är uppdelade i underteman som på olika sätt bidrar till att besvara översiktens frågeställning. Indelningarna är inte strikt åtskilda och det förekommer överlappningar. Studiernas resultat speglar forskningsfältets syn på teknikutvecklingsprocessen som en dynamisk och iterativ process och spänner därför ofta över flera teman. Vi har valt att presentera studierna under det tema som bäst motsvarar studiens huvudsakliga fokus. I vissa fall lyfter vi fram resultat från en studie under olika teman.

3.1 Helhetsförståelse och iterativt arbetssätt

Fokus i de inkluderade studierna är processen i sin helhet och hur lärare kan arbeta med att stödja² elever att arbeta med de olika faserna av processen på ett iterativt sätt. Referenser ges till hur professionella ingenjörer och andra teknikutvecklare arbetar så att eleverna ska få en

² Vi har valt att använda stödja som ett samlingsbegrepp, även om olika termer används i studierna. Vi har behållit begreppen stötta och stöttning när de används specifikt för att tydliggöra att hjälpen som ges måste leda till lärande eller utveckling hos eleven. Se t.ex. Pleasants, J., & Sartin, K. (2024). Supporting informed engineering practices in the elementary classroom: Examining teachers' approaches to scaffolding. *International journal of technology and design education*, 34(2).

förståelse för att man behöver gå tillbaka till exempelvis sin skiss eller undersökning när en prototyp inte fungerar som önskat när den provas. Det finns även studier som beskriver hur också yngre elever kan ta sig an teknikutvecklingsprojekt på ett sätt som till viss del liknar de professionellas process.

Resultaten presenteras i fyra underteman:

- Teknikutvecklingsprocessen som en helhet.
- Misslyckanden som en nödvändig del av processen.
- Skriftlig dokumentation för att synliggöra processen
- Muntligt stöd för att komma vidare i processen.

3.1.1 Teknikutvecklingsprocessen som en helhet

Bland de inkluderade studierna finns resultat som handlar om i vilken utsträckning eleverna arbetar med de olika delarna av teknikutvecklingsprocessen. Flera studier lyfter att eleverna arbetar olika mycket med olika delar. Det kan handla om att eleverna i en studie arbetar mer med att konstruera och skapa lösningar än att arbeta med processens tidiga faser som problemformulering och problemstrukturering (se t.ex. MacDonald m.fl., 2007). Men resultaten är inte entydiga i underlaget vilket tyder på att faktorer som uppgiftens utformning och lärarens betoning av olika delar av processen i hög grad påverkar hur eleverna tar sig an uppgiften. Vi beskriver här resultat från tre studier som särskilt analyserat dessa frågor.

I två amerikanska studier (Berland m.fl., 2014; Berland m.fl., 2013) har forskare undersökt ett särskilt kursupplägg för en kurs om ingenjörskunskaper på sju gymnasieskolor. Under två olika läsår studerar forskarna elevers uppfattningar om, och arbete med, teknikutvecklingsprocessen genom enkäter och intervjuer. Resultaten visar att eleverna sätter högre värde på och har lättare att beskriva de mer kvalitativa aspekterna av processen, till exempel undersökning av behov och idégenerering, än de mer kvantitativa som kräver att man använder naturvetenskapliga och matematiska kunskaper.

Forskarna drar slutsatsen att det finns en risk att det mer systematiska arbetet som professionella ingenjörer gör inte fångas upp av eleverna. Ett exempel är eleverna i en av studierna som beskriver att när något inte fungerar justerar de bara just det som inte fungerar, snarare än att gå tillbaka och se på designen i sin helhet (Berland m.fl., 2014).

Ett annat exempel är när elever i en problembaserad uppgift i hög grad beskriver att de väljer att pröva sig fram (på engelska trial and error), snarare än att angripa uppgiften på ett systematiskt sätt enligt processens olika steg (Berland m.fl., 2013). Strategin att pröva sig fram blir tydlig när en elev beskriver hur de arbetade med att utveckla en vindturbin:

Vi hade precis börjat och visste inte riktigt vad vi kunde förvänta oss av lektionen. Så vi var liksom bara ... du vet, när vi funderade på att designa [vindkraftverkets] blad – vilket var den största delen, eftersom utväxlingen och allt sånt var ganska självklart. Man använder bara det största kugghjulet. Det listade vi ut ganska snabbt. Jag vet inte. Det var mycket trial and error, och man såg blad som man trodde skulle fungera – men som inte gjorde det – och andra blad

som man verkligen inte förväntade sig skulle fungera, men som fungerade bra ... (Berland m.fl., 2013, s. 59, vår översättning)

Forskarna lyfter även fram att eleverna i beskrivningar av sitt arbete inte använde de vetenskapliga termerna för processen som de hade fått presenterade i undervisningen. I stället använde de vardagliga ord för de olika delarna (Berland m.fl., 2013). I båda studierna har ämnesinnehållet varit av ett mer avancerat slag eftersom kurserna var på gymnasienivå.

I en amerikansk studie med elever i 10–12 års ålder (Kelley m.fl., (2015) studeras totalt 21 elever från sju olika klasser, som har fått arbeta tillsammans i grupper om tre med en teknikutvecklingsuppgift. Uppgiften liknar en tidigare uppgift som eleverna har arbetat med och forskarna undersöker om och hur eleverna överför sina kunskaper till en närbesläktad uppgift. Forskarna använder sig av ett så kallat think-aloud protocol vilket innebär att eleverna fick prata om vad de gjorde under tiden de utförde uppgiften. Utifrån videoinspelningar mätte och kodade forskarna tiden som eleverna arbetade med olika kognitiva faser av processen.

Resultaten i studien visar att alla grupper klarade att föra över kunskaper om hur man arbetar med en teknikutvecklingsprocess från den tidigare uppgiften till den nya. Alla grupper utom en lade ner relativt mycket tid på idégenerering och mindre på att testa lösningar och det framkom att flera grupper inte arbetade iterativt. En av grupperna var genomgående mer effektiv, vilket forskarna menar kan bero på att de hade en lärare med betydligt mer erfarenhet av att undervisa om teknik än de övriga grupperna (Kelley m.fl., 2015).

I uppgiftens formulering kan man se att mer fokus har lagts på idégenerering än på att testa olika lösningar. Det pekar på att det sätt som uppgiften är formulerad på har stor betydelse för vilken del av processen som eleverna lägger störst vikt vid.

En del av teknikutvecklingsprocessen som kan ingå i en elevuppgift handlar om att eleverna får göra egna undersökningar. Undersökningarna kan till exempel handla om att söka information eller göra experiment och mätningar. De kan också innebära att göra undersökningar bland målgruppen för att lära mer om vilka behoven är.

I en nederländsk studie (Vossen m.fl., 2020) studerades lärares och elevers syn på undersökningars olika funktioner under en teknikutvecklingsprocess. Undersökningarna kunde göras under olika steg i processen. Eleverna var i åldern 13–15 år och gick i fyra olika skolor. Eleverna intervjuades i fokusgrupper och lärarna individuellt, i slutet av en valbar kurs om teknisk design inom biomedicinsk teknik. Både elever och lärare beskriver att genom undersökning får man värdefull information. Det kan vara information om de behov som finns samt vilka begränsningar som finns för möjliga lösningar i form av resurser. Eleverna nämner dock även att de genomför undersökningar innan de exempelvis börjar bygga eftersom det finns med i instruktionerna, eller för att de får lägre betyg om de inte gör det – men att om de fick välja så skulle de inte lägga lika mycket tid på det. Eleverna beskriver vidare att det finns en tidspress som driver dem att snabbt vilja gå vidare i processen. Forskarna lyfter en spänning mellan att styra eleverna och elevernas autonomi. Genom att bli styrda kan eleverna

bli mer motvilliga att genomföra undersökningar under olika delar av processen. En av lärarna uttrycker att han märker att eleverna inte utför undersökningar som en del av processen, och att han kanske skulle behöva strukturera momentet ännu mer:

Ja, jag ser det som en nackdel, jag känner mig tvungen att strukturera modulen mer och mer. Om jag vill att modulen ska fungera bättre så tror jag att jag måste planera aktiviteterna lek-tionsvis [...] och jag tycker att det är helt tvärt emot vad teknikutveckling³ innebär. (Vossen m.fl., 2020, s. 671, vår översättning)

En av eleverna som tidigare uttryckt värdet av att börja med att göra undersökningar av problemet och att det ger positiva möjligheter, uttalar ändå visst missnöje:

Det [att designa] är mer proaktivt. Nu sitter man bara i en stol. [...] Det är bara ett annat sätt att arbeta, inte kul. Det är inte bra för barn i vår ålder att bara sitta vid datorn och kolla upp saker. (Vossen m.fl., 2020, s. 671, vår översättning)

I intervjuerna visade det sig också att det fanns olika uppfattningar om vad som utgjorde själva teknikutvecklingen. Vissa elever menade att själva förberedelserna och tänkandet var den faktiska teknikutvecklingen och andra menade att det i stället var byggandet. Det kan även ha påverkat hur eleverna såg på betydelsen av att göra undersökningar inom ramarna för teknikutvecklingsprocessen. Forskarna lyfter därutöver att om lärarna sätter för strikta ramar för processen där allt ska ske i en viss ordning, kan det hämma motivation och vilja att undersöka vidare i olika steg av processen (Vossen m.fl., 2020).

Sammanfattning av 3.1.1

- Det finns flera utmaningar med att arbeta systematiskt med teknikutvecklingsprocessen som en helhet. Vissa delar av processen kan få större utrymme än andra och elever kan pröva sig fram snarare än att arbeta systematiskt.
- Genom att arbeta med de delar av processen som eleverna kanske annars vill skynda sig igenom kan lärare skapa möjligheter till en ökad förståelse för teknikutvecklingsprocessen som helhet.

3.1.2 Misslyckanden som nödvändig del av processen

Kopplat till betoningen på att det systematiska och iterativa arbetssättet undersöks i flera studier undervisningssituationer med så kallade misslyckanden (när det går fel för eleverna på olika sätt). Eftersom utprovning är en del av teknikutvecklingsprocessen kan lärare inkludera att misslyckanden är en nödvändig del av processen.

Två studier, båda från USA, undersöker specifikt misslyckanden under teknikutvecklingsprocessen (Gomoll m.fl., 2018b; Skinner & Harlow, 2022). I studierna vill forskarna lyfta fram misslyckanden som en viktig del av teknikutvecklingsprocessen.

3 I studien används begreppet "design" när eleverna intervjuades men vi väljer här att översätta det till teknikutveckling.

Studien av Skinner och Harlow (2022) gjordes i samarbete med ett museum⁴ men det moment som studerades skedde under en förberedande lektion på plats i skolan med eleverna, 6–7 år samt 9–10 år. Forskarna analyserar misslyckanden inom ramen för teknikutvecklingsprocessen och identifierar fyra olika typer:

1. Problem med materialet, till exempel att tejen veckar sig eller papperet går sönder.
2. Begränsningar som innebär att man inte hinner göra det man har tänkt inom tidsramen, eller att materialet tar slut.
3. Prototypen uppfyller inte kriterierna, alltså att prototypen inte fungerar på det sätt som det var tänkt.
4. Förutsäggande av designproblem, vilket innebär att på förhand kunna se att en idé inte fungerar.

Forskarna lyfter fram exempel på hur man kan se att eleverna upplever att de har misslyckats och uttrycker det verbalt och fysiskt, till exempel genom att rulla ihop alla tejpbitar som hade veckat sig till en boll och kasta den på golvet. De belyser även att eleverna ibland helt enkelt struntar i felen eller att de missförstår eller misstolkar dem, vilket kan leda till fler felaktiga beslut (Skinner & Harlow, 2022).

I den andra studien (Gomoll m.fl., 2018b) arbetar grundskoleelever, 12–14 år, med robotik. Fokus är på hur läraren ramar in misslyckanden eller att göra fel som något positivt. Läraren arbetar aktivt med att etablera att misslyckanden är en del av processen och förevisar eleverna hur man kan hantera utmaningar genom att diskutera. Dessutom lyfter läraren explicit för eleverna att misslyckanden kan vara ett sätt att lära. I studien ges exempel på hur läraren etablerar misslyckanden som en norm. Läraren uttryckte till exempel att det är bra att något inte fungerar i ett visst skede eftersom eleverna då hinner modifiera sitt arbete. Eleverna uppmuntrades att se sina misslyckanden som tillfälliga snarare än permanenta, och som en del av den iterativa teknikutvecklingsprocessen. Genom att koppla misslyckanden till progression i processen kunde läraren skapa möjligheter för eleverna att se dem som en nödvändig del av processen. Samtidigt uppmärksammade läraren eleverna på att misslyckanden också handlar om känslor som kan behöva hanteras.

I de grupper som studeras på djupet har eleverna kunnat använda lärdomar från sina misslyckanden för att arbeta vidare på ett konstruktivt sätt. Vi vet därmed inte hur lärarens norm, det vill säga att misslyckanden är positivt, togs emot i en grupp som inte lyckades ro uppgiften i hamn.

Ett sätt att inkorporera misslyckanden som en naturlig del av processen är att fokusera på det iterativa i processen. Marks och Chase (2019) undersökte en intervention som fokuserar på processen och om inställningen till iterativ prototypning – alltså att upprepa och bygga flera

⁴ En av forskarna är verksam vid museet. Vi bedömer dock att studiens resultat inte påverkas på ett sådant sätt att studien bör exkluderas. I resultaten görs ingen värdering av den verksamhet som äger rum på museet.

prototyper – kan hjälpa eleverna, 10–12 år, att förstå teknikutvecklingsprocessen. Tanken bakom interventionen är att om eleverna lär sig att förstå värdet av den iterativa processen kan de i högre grad utföra iterationer. Forskarna menar att det är särskilt viktigt att man undervisar om den iterativa processen och vikten av att ha som synsätt att fel och misslyckanden kan leda en framåt i processen, vilket på engelska kallas fail-forward mindset.

Resultaten från interventionen i studien är inte helt entydiga. Forskarna rapporterar att den iterativa processen att skapa prototyper ledde till att eleverna fick en mer positiv känsla och agerade mer positivt i relation till misslyckanden. Eleverna hade också mindre negativa känslor när de misslyckades. Antalet iterationer som eleverna genomförde var dock inte en avgörande faktor för hur väl designen i slutändan fungerade. Enligt forskarna verkar det vara viktigare att få återkoppling på initiala idéer för att kunna utveckla dessa vidare, jämfört med att skapa många olika prototyper (Marks & Chase, 2019).

Sammanfattning av 3.1.2

- Genom att aktivt arbeta med misslyckanden kan lärare skapa möjligheter för elever att inkludera moment i processen som förutsätter att de omprövar och förbättrar.
- Genom stöd från lärare i form av återkoppling på elevernas arbete och misslyckanden kan lärande om det iterativa arbetssättet stärkas.

3.1.3 Skriftlig dokumentation för att synliggöra processen

Ett sätt att utforma undervisningen är att låta eleverna använda loggböcker eller anteckningsböcker som ett pedagogiskt verktyg. Genom att integrera skriftlig dokumentation i teknikutvecklingsprocessen får eleverna möjlighet att organisera och syntetisera information, vilket kan förbättra deras lärande och förståelse för teknikutvecklingsprocessen.

Tre studier har särskilt undersökt användningen av skriftlig dokumentation under teknikutvecklingsprocesser. I en amerikansk studie (Douglas m.fl., 2018) undersöks hur elever med hjälp av loggböcker kan reflektera över en genomförd teknikutvecklingsprocess. I studien deltog elever från två årskurser i grundskolan, 10–11 år respektive 12–13 år. Studien bygger på elevernas egna reflektioner kring sitt eget lärande. Eleverna fick dokumentera det pågående arbetet i en loggbok som var utformad för att likna den dokumentation en professionell ingenjör utför. I slutet av arbetet fick de två frågor där de med hjälp av loggboken skulle se tillbaka på hur de hade arbetat med problemformulering och utveckling av tekniska lösningar, liksom vilka eventuella förändringar som hade gjorts under projektets gång. Forskarna lyfter fram att eleverna på ett meningsfullt sätt kunde reflektera över sitt eget lärande om teknikutvecklingsprocessen.

Några av de reflektioner som eleverna gjorde var att när de förstod kriterierna och begränsningarna kopplade till problemen som de skulle lösa, så kunde de bedöma hur bra deras lösningsförslag var. Eleverna uttryckte även att de hade underskattat komplexiteten i

problemen. När de blev medvetna om hur komplext ett problem var blev det lättare att förstå själva problemet och de krav som problemet innehöll.

I ett av projekten som studerades skulle eleverna lösa ett naturvetenskapligt problem som handlade om fåglar, att bygga en plattform till lommar där de kan bygga bon. Eleverna insåg att det krävs faktakunskaper för att kunna lösa problemet. I detta fall behövdes bland annat kunskap om lommars habitat och levnadssätt för att kunna bygga en bra plattform.

Eleverna lärde sig också att de behöver testa sin design för att kunna utveckla den vidare. Testen gjorde att de fick data som de behövde för att kunna fatta beslut om sin design. Några elever insåg även att de behövde arbeta iterativt och flera elever upptäckte att det var bra att ha många alternativ för att kunna välja den bästa designen.

Genom loggboken var det möjligt för läraren att följa elevernas process, vilket kan ha betydelse för hur lärare både undervisar och bedömer teknikutvecklingsarbete. Forskarna drar slutsatsen att lärare kan använda den här typen av loggböcker för att elever ska utveckla sin kunskap om teknikutvecklingsprocessen (Douglas m.fl., 2018).

Elevers skriftliga dokumentation kan ske på olika sätt. I en amerikansk studie (Hertel m.fl., 2017) undersöks hur elever kan använda anteckningsböcker för att strukturera och stödja sina aktiviteter i klassrummet. Forskarna studerade undervisning i fyra klasser med olika lärare och på olika skolor där eleverna, 8–11 år, hade fått i uppgift att utveckla en teknisk lösning, exempelvis för att ta hand om oljespill. Alla lärare hade fått kompetensutveckling i att använda anteckningsböcker som ett verktyg i undervisningen. I studien beskrivs hur elevernas anteckningsböcker fungerar som ett verktyg för att påminna om vad de ska göra och vad nästa steg i lektionerna är, med andra ord innehåller de frågor och ledtrådar (på engelska prompts) som hjälper eleverna vidare. Lärarna i studien använde anteckningsböckerna för att förstärka elevernas förståelse om teknikutvecklingsprocessen, och för att hjälpa eleverna i arbetet med teknikutvecklingsprocessens olika delar.

Vidare beskriver forskarna hur anteckningsböckerna skapar en grund för elevers beslutsfattande och för att uppnå samförstånd inom gruppen. Eleverna dokumenterade gemensamma idéer i sina individuella anteckningsböcker, vilket krävde att de nådde enighet om vad som skulle skrivas. Denna gemensamma dokumentation tvingade eleverna att diskutera, väga olika idéer och presentera argument för att övertyga gruppmedlemmarna om sina förslag.

Forskarna lyfter fram att eleverna i studien använde anteckningsböckerna för att reflektera över sina designförslag och planera förbättringar baserat på tester som de genomfört. Anteckningsböckerna underlättade för eleverna att samla information från tidigare tester och använda denna information för att förbättra sina konstruktioner. Genom att ge specifika uppgifter och ställa frågor i anteckningsböckerna kunde lärarna rikta elevernas uppmärksamhet mot relevanta detaljer och processer inom ingenjörskapet. Eleverna tog ansvar för sina planer genom att dokumentera sina beslut och beskriva nästa steg i anteckningsboken, vilket kan minska inslag av improvisation och i stället främja noggrannhet i teknikutvecklingsprocessen.

Anteckningsböckerna var ett stöd i kommunikationen av idéer mellan elever och till läraren. De innehöll delar där eleverna fick skissa på individuella lösningar och sedan diskutera styrkor och svagheter för att utveckla en gemensam plan. Anteckningsböckerna erbjöd även en visuell referens som hjälper eleverna att utveckla och förklara sina förslag, vilket gör det möjligt för dem att tydligt kommunicera sina idéer.

Forskarna drar därför slutsatsen att anteckningsböckerna främjar såväl elevers engagemang som deras arbete med att dokumentera tester, utvärdera och förbättra design samt kommunicera designidéer.

För att anteckningsböckerna ska kunna utnyttjas på bästa sätt menar forskarna att de behöver användas under hela processen, och på olika sätt. Vidare lyfts i studien att lärare bör använda anteckningsböckerna aktivt i undervisningen genom att hänvisa till dem och låta eleverna skriva ner sina idéer och observationer samt uppmåna dem att diskutera och komma överens om vad som ska dokumenteras.

Lärare kan även använda anteckningsböckerna för att ge kontinuerlig återkoppling under teknikutvecklingsprocessen. Strukturerad återkoppling kan hjälpa eleverna att justera och förbättra vad de utvecklat (Hertel m.fl., 2017).

I ytterligare en amerikansk studie (Wendell m.fl., 2019) beskrivs hur elever använder digitala loggböcker. Forskarna anlägger ett sociokulturellt perspektiv och ser digitala loggböcker som möjliga epistemiska verktyg⁵. Användningen av begreppet epistemiska verktyg kopplar till perspektivets syn på hur lärande sker relationellt tillsammans med andra. I studien diskuteras ytterligare två epistemiska verktyg i form av samtal i helklass och en postersession, men fokus i studien är på de digitala loggböckerna. I studien visas hur de olika epistemiska verktygen samverkar för att bidra till elevernas kollektiva lärande.

Eleverna, 9–11 år, har fått i uppgift att utveckla raketer. Genom de tre olika epistemiska verktygen får eleverna möjlighet att analysera olika raketer som inte fungerar, de får alltså analysera många misslyckanden, både sina egna och klasskamraternas. Den här upprepade analysen av misslyckanden, men även av fungerande raketer, ger en kollektiv kunskap om de kausala mekanismerna för att en raket (på engelska stomp rocket) ska flyga. Genom text, skisser och samtal laborerade eleverna med nyckelfaktorer som vikt, viktfördelning, tätning och materialsammansättning.

Forskarna menar att undervisningsupplägget dessutom ledde till en kollektiv kunskap om hur objekt kan manipuleras, geometri och hur olika tillverkningsmetoder kan skapa olika banor hos raketen. Eleverna diskuterade tillsammans hur de skulle representera sina tekniska lösningar, och använde sig av olika modaliteter (text, foto, skisser, grafer). Den digitala loggboken skapade möjligheter för eleverna att kunna prata om och analysera olika idéer och fungerade som ett stöd för eleverna att organisera sitt teknikutvecklingstänkande.

5 Epistemiska verktyg definieras av Wendell m.fl. (2019, s. 954) som "[...] an artifact (e.g., notebook) or a classroom routine (e.g., whole-class design talk protocol) that (a) orients learners toward the knowledge they either already have developed or still need to develop to solve an engineering design problem, (b) shows learners how to develop that knowledge, and (c) makes learners' thinking visible to others for shared knowledge building about engineering design solution". Det sociokulturella perspektivet som används i studien belyser hur lärande sker i en social och kulturell kontext. För en svensk introduktion till det sociokulturella perspektivet se Säljö, R. (2014). *Lärande i praktiken: Ett sociokulturellt perspektiv*.

Postern som eleverna skapade på slutet och presenterade för en utomstående publik, fungerade som ett komplement. Den möjliggjorde för eleverna att extrapolera sina idéer från teknikutvecklingsprocessen, och att abstrahera och generalisera sitt arbete. Genom att den riktade sig till en extern publik uppmuntrades eleverna även att titta på sitt eget arbete från ett annat perspektiv (Wendell m.fl., 2019).

I några studier dokumenterar eleverna sitt arbete utan att det är studiens huvudsakliga forskningssyfte. I till exempel en svensk studie (Citrohn m.fl., 2023) används digitala loggböcker i undervisningen (åk 7–9), och forskarna beskriver hur lärarna lät eleverna använda loggböckerna för att de skulle få syn på processens olika delar. I loggböckerna kunde eleverna även infoga bilder av exempelvis skisser och modeller. Lärarna hade tillgång till loggböckerna för att kunna utvärdera och bedöma elevernas arbeten. Läraren uppmuntrade eleverna att regelbundet anteckna exempelvis olika observationer och beslut i loggböckerna (Citrohn m.fl., 2023).

Sammanfattning av 3.1.3

- Anteckningsböcker och loggböcker kan användas för att lärare ska kunna följa elevernas arbete, ge instruktioner och ledtrådar och för att ge återkoppling.
- Anteckningsböcker kan vara ett underlag för att elever ska kunna reflektera över olika alternativa lösningar under processens gång, både enskilt och tillsammans. De kan även användas som planering och underlag för beslutsfattande i processen.
- För att anteckningsböckerna ska fylla den funktion som läraren tänkt kan de behöva integreras i undervisningen genom att användas och refereras till kontinuerligt.

3.1.4 Muntligt stöd för att komma vidare i processen

I detta avsnitt presenteras några av de studier som särskilt har belyst hur läraren genom muntligt stöd kan skapa möjligheter för lärande. I undervisningssituationerna som studeras kan man se hur lärares muntliga stöd har betydelse för hur elever arbetar med teknikutvecklingsprocessen, och särskilt för hur de tar sig vidare om de har fastnat vid någon del i processen. Ett vanligt sätt är att ge frågor och ledtrådar till eleverna (på engelska prompts) för att de själva ska kunna tänka vidare, snarare än att läraren ger ett färdigt förslag. Muntligt stöd från lärare under processen finns med i flertalet studier men vi lyfter här de studier där det riktats särskilt fokus på det.

I en svensk avhandling av Blomdahl (2007) undersöks bland annat undervisning där eleverna arbetar med jordbruksteknik. En av lärarna som intervjuas berättar att hon aktivt försöker ställa öppna frågor som ska stödja eleverna framåt i arbetet. Läraren beskriver:

Jag har försökt att arbeta utifrån elevernas funderingar och frågor. Det har lyckats ibland. Då har jag känt mig mycket nöjd efteråt. Det blir ett undersökande arbetssätt. För det andra

har jag medvetet försökt ställa så öppna frågor som möjligt för att föra arbetet framåt. Ibland märkte jag att jag ställde helt givna svarsfrågor. Då biter man sig i tungan efteråt. (Blomdahl, 2007, s. 86)

I en annan undervisningssituation med samma lärare blir redovisningen av elevernas teknikprojekt ett tillfälle för reflektion och för läraren att stödja eleverna i att uttrycka hur och vad de arbetat med. Eleverna har fått i uppgift att utveckla en mjölpåse. Läraren betecknas som B och eleverna som E.

- B: Kalle har gjort en annorlunda lösning.
[Han visar och berättar hur han gjort.]
- B: Jag har sett liknande men det här var en ny variant.
- E: Vad fin.
[Nästa elev som är i tur att visa är mycket stolt över sitt arbete och säger:]
- E: Bra va, men jag har härmat dig Kalle.
- B: Det är inte fel att härma. Så gör ofta uppfinnare. De börjar med att titta på redan uppfunna saker. Sen kommer de på någon liten del som kan förbättras så den ser lite annorlunda ut eller är gjord av ett annat material.
- E: Jag fick hjälp av Lasse.
- B: Det är jättebra. Två hittar på bättre. Ofta arbetar man tillsammans som designers.
- E: Läcker dom om man fyller på med bara mjölet utan plastpåse?
- B: Ja det tror jag. Skulle man göra det på riktigt skulle man behöva testa så man har ett bra lim. Designern gör en modell. Bestämmer man sig för att använda den modellen på riktigt måste man bestämma vilket papper som passar bäst och vilket lim som är bäst.
- E: Lisa hjälpte mig.
- B: Men Lisa sa också något bra. Hon sa jag hjälper dig lite grann. Då får du lite hjälp och sen får du tänka själv också.

(Blomdahl, 2007, s. 98–99)

I samtalsutdraget ser vi hur läraren ger muntligt stöd till eleverna för att de ska kunna se hur deras arbete med skoluppgiften liknar det arbete som professionella teknikutvecklare utför. Elevernas redovisning av sina arbeten blir en möjlighet för läraren att rikta ljuset mot hur de kan förstå vad de har gjort och därmed få en ökad förståelse av själva teknikutvecklingsprocessen.

Selcen Guzey och Aranda (2017) har studerat 13–14-åriga elever som i mindre grupper fått utveckla ett växthus på en amerikansk skola. Fokus i studien var på kommunikation mellan elever samt lärares input till eleverna. Genom att läraren ställde frågor till eleverna där de fick försvara och argumentera för sina idéer kom eleverna vidare i processen. När läraren gav ledtrådar och ställde frågor som fokuserade på vad eleverna bör vara uppmärksamma på ökade

kvaliteten på elevernas interaktion och arbete. Forskarna drar slutsatsen att läraren har stor betydelse för hur diskussionerna förs, och i förlängningen hur väl eleverna lyckas lösa uppgiften.

I en annan amerikansk studie (McFadden & Roehrig, 2019) studeras en mindre grupp elever, 9–10 år, som fått arbeta med förnybara och icke-förnybara naturresurser. Läraren har en tydlig och aktiv roll under processen genom att till exempel uppmuntra eleverna att arbeta iterativt. I studien lyfts hur lärares kan låta elever reflektera genom att ge ledtrådar och ställa frågor under arbetets gång. Samtidigt identifierar forskarna även risken att eleverna kan komma att fokusera mer på vad läraren önskar än att utforska de idéer som kommit upp i gruppen. Forskarna lyfter därför att det kan behövas kompletterande stöd, till exempel i skriftlig form. Detta har dock inte undersökts i studien och forskarna själva beskriver att resultaten inte ska ses som generaliserbara.

Att det kan finnas en spänning mellan å ena sidan stöd och styrning, och å den andra att eleverna själva ska få analysera olika alternativa lösningar på ett visst problem återkommer även i andra studier (se t.ex. Citrohn m.fl., 2023; Gustafson & MacDonald, 2004; Vossen m.fl., 2020).

Cederqvist (2022) undersöker en teknikutvecklingsprocess som innehåller programmering. Två elevgrupper i en svensk grundskola, 10 respektive 14 år gamla, utgick från ett problem där de skulle utveckla ett inbrottslarm i form av ett programmerbart tekniskt system (PTS). De fick använda sig av ett BBC micro:bit-material⁶. Studien visar att eleverna upplevde utmaningar när det gäller att röra sig mellan olika nivåer i processen: verkliga förhållanden och problem att lösa, utvecklandet av ett programmerbart system och den mer konkreta kontexten med micro:bit. Cederqvist utgår från identifierade kritiska aspekter i processen och beskriver betydelsen av lärares vägledning och stöttning för att eleverna inte ska fastna vid dessa kritiska aspekter.

I en undervisningssituation gick även forskaren in med stöttning i form av frågor som kunde hjälpa eleverna vidare. Det kunde till exempel handla om att eleverna hade svårt att överföra sin idé till micro:bit och att forskaren gick in och stöttade genom att rikta elevernas uppmärksamhet mot den del av deras idé som var kopplad till verkliga förhållanden. Genom att rikta fokus mot hur ljusstyrkan ändras (som var en del av hur larmet skulle fungera) blev eleverna medvetna om behovet av kodning av en kontrollfunktion:

Forskare: Om vi tänker efter, vad är det du vill uppnå med det här larmet?

John: Om det blir ljusare, så piper det.

Forskare: Ok, så det är vad du vill.

Michael: Det borde vara LJUSNIVÅ ...

Forskare: Okej och du har hittat det här blocket [pekar på LJUSNIVÅ-blocket].

John: ... och sen måste det finnas något som aktiverar det.

(Cederqvist, 2022, s. 5929, vår översättning)

⁶ BBC micro:bit är en enkortsdator i fickformat som utvecklades för att kunna användas i undervisning. Särskilt i Storbritannien har de fått stor spridning, se <https://microbit.org/>.

Forskaren lyfter vidare vikten av att stödja elever i att koppla verkliga förhållanden till tekniska, systemiska och programmeringsbegrepp.

Lärares muntliga stöd kan också variera under processen. Pleasants och Sartin (2024) följer 8–10-åriga elever under arbete med en teknikutvecklingsprocess, och har särskilt fokus på vilken stöttning lärarna ger. Forskarna såg att lärarna i vissa fall tog över och fattade besluten åt eleverna vid vissa moment, till exempel ramarna för det som skulle utvecklas och hur lösningen skulle testas. Forskarna lyfter särskilt fram att eleverna fick relativt lite stöttning med problemformulering och att de då går miste om möjligheter till lärande om en central del av teknikutvecklingsprocessen.

Sammanfattning av 3.1.4

- Lärare kan använda sig av muntliga frågor och ledtrådar för att stödja elevers lärande om processen eller en viss del av processen och för att komma vidare när de har fastnat på ett specifikt moment.
- Tidpunkten för och mängden muntligt stöd påverkar hur eleverna tar sig an uppgiften, till exempel vilka delar av processen som de lägger mest tid på och graden av självständighet i processen.

3.2 Inramning och utformning av uppgiften

Det finns en stor variation i de inkluderade studierna i hur lärare presenterar de teknikutvecklingsuppgifter som eleverna ska få arbeta med. Eleverna kan få i uppgift att tänka sig in i att vara ingenjörer eller arkitekter eller att uppgiften är en del av en större berättelse. Lärare kan även välja att förankra ett projekt i ett verkligt problem på den egna skolan, eller att koppla uppgiften som ges till den lokala kontexten. Det ges exempel på studiebesök i närmiljön, till exempel den lokala mataffären eller längre bort som till en väderkvarn eller en bondgård. Uppgifterna kan även vara en del av en tävling, till exempel att utveckla bästa fallskärmen eller leksaksbilen som drivs med hjälp av ballonger (se t.ex. Blomdahl, 2007; Cederqvist, 2022; McFadden & Roehrig, 2019).

I en skolkontext kan det vara en utmaning att få till en inramning som går utöver det faktum att teknikutvecklingsuppgiften i grunden är en skoluppgift. Ett par studier tar upp risken för att det som händer i klassrummet blir en fråga om att främst hinna slutföra uppgiften i tid, att eleverna uppvisar det de tror att läraren vill se och att de lär sig stegen i processen utantill för att uppnå kraven för bedömning och liknande (McCormick & Hammer, 2016; Wendell m.fl., 2017).

I det här temat lyfter vi de studier som analyserat olika aspekter av hur uppgifter till eleverna kan ramas in och utformas. Vi har delat in temat i fyra underteman:

- Grader av öppenhet i uppgiften.
- Autentiska uppgifter.

- Använda tekniska begrepp och tidigare kunskap.
- Visualisering, simulering och modeller.

3.2.1 Grader av öppenhet i uppgiften

Flera studier diskuterar graden av hur öppen en uppgift är kopplat till lärande om processen i sin helhet. Till exempel beskrivs att en öppen uppgift med olika möjliga lösningar kan skapa möjligheter för eleverna att lära sig om och genomföra processen på ett sätt som liknar det iterativa arbetssätt som professionella teknikutvecklare använder (se t.ex. MacDonald m.fl., 2007).

I en svensk studie (Citrohn m.fl., 2023) av tre teknikutvecklingsprojekt i olika klasser på högstadiet beskriver forskarna hur de olika projektens upplägg har stor betydelse för elevernas möjligheter att lära sig och använda sig av modellering. Till exempel finns det i två av projekten begränsningar i form av tillgängligt material och uppgifterna är också olika mycket styrda i sin utformning. Resultaten visar att eleverna får olika lärandemöjligheter beroende på vilket undervisningsupplägg läraren väljer för det projekt som eleverna ska genomföra. Forskarna undersökte hur eleverna diskuterade tre dimensioner av modellerna som de utvecklade, material, struktur och funktion. Projekt med lägre grad av frihet tenderade att ge möjligheter för djupare diskussioner inom en enskild dimension, medan projekt med högre grad av frihet ledde till en högre komplexitet men också en bredare diskussion om flera dimensioner.

I studien framkommer även att undervisningsupplägget påverkar vilka delar av processen som eleverna lägger mest tid på. Om läraren formulerar uppgiften på ett sätt som är mer öppet i relation till problemet som ska lösas, kan det ge eleverna incitament att lägga mer tid på att utreda behov och planera. En uppgift som är mer stängd kan tvärtom leda till att eleverna använder mer tid på att till exempel testa en design eller prototyp. Samtidigt lyfter en annan studie (Gustafson & MacDonald, 2004) fram att det inte nödvändigtvis är en öppen uppgift som ger den mest autentiska situationen, i meningen att likna en professionell process. Eleverna kan behöva stöd för att kunna använda de naturvetenskapliga och tekniska begrepp som behövs i processen.

I en amerikansk studie (McCormick & Hammer, 2016) använder sig läraren i studien av en fiktiv berättelse där inramningen och graden av öppenhet ändras under arbetets gång. Forskarna analyserar hur eleverna tolkar och anpassar den inramning av uppgiften som läraren har skapat. Eleverna, 9–10 år, arbetar utifrån vad som på engelska kallas novel engineering, ett sätt att integrera teknik- och litteraturundervisning. Eleverna får ta del av en fiktiv berättelse om en flicka som behöver ett bra skydd för sin hund, som hon har i hemlighet. Utifrån berättelsen ska de i mindre grupper utveckla ett skydd till hunden. Genom berättelsen kan läraren ge eleverna en kontext för teknikutvecklingen och ett tydligt behov att utgå från. Forskarna är särskilt intresserade av hur inramningen av uppgiften har betydelse för hur eleverna tar sig an arbetet, och för vilka förmågor de visar under arbetets gång.

En av grupperna utmärkte sig genom att konsekvent hålla sig till uppdraget så som de tolkade det utifrån berättelsen. De levde sig in i berättelsen och ändrade inte inramning, trots kommentarer från andra elever eller frågor från läraren om exempelvis tester eller mätningar. De hänvisade i stället till berättelsen och hade mer fantasiinslag kvar i sin lösning än andra grupper. Bland övriga grupper ser man i stället att inramningen förändrades under arbetets gång och tydligt kopplades till klassrumskontexten och undervisningen. Eleverna anpassade arbetet efter vad de uppfattade att de skulle prestera och hur de kommer att uppfattas av sina klasskamrater.

Författarna drar slutsatsen att själva uppgiften, och hur läraren presenterar och kommunicerar den under lektionens gång, kan ha stor betydelse för elevernas inramning av uppgiften och hur de tar sig an den. Ju öppnare uppgift desto större möjlighet för eleverna att rama in uppgiften på eget sätt och vara kvar i fantasins värld. I en väldigt strukturerad uppgift kan det å andra sidan bli så att eleverna ramar in uppgiften som först och främst en ren skoluppgift. Det blir en avvägning mellan att låta eleverna gå upp i berättelsen och de behov som de känner starkt för, och att inkludera lärande om utprovning av tekniska lösningar för att se om de kommer att fungera så som det är tänkt.

I en studie från Sydafrika (Blom m.fl., 2018) studerades vilka informationskällor en grupp elever, 14–15 år, använde sig av i sina undersökningar i en teknikutvecklingsprocess. Under den fas då eleverna strukturerade själva problemet förlitade de sig på den information som gavs i uppgiften och visuellt material som var kopplat till den. Konsekvensen blev att deras idéer ofta liknade redan existerande lösningar som de hade sett i externa källor. Forskarna lyfter hur lärare kan erbjuda informationsskällor som kan stödja eleverna att själva tänka vidare, i stället för att kopiera redan färdiga lösningar (Blom m.fl., 2018).

Eftersom det inte görs någon jämförelse mellan olika arbetssätt är det svårt att dra säkra slutsatser om risker och möjligheter med att elever kopierar andra lösningar. Men oavsett tyder resultaten på vikten av att lärare planerar vilken information elever får inledningsvis, eftersom det blir vägledande för hur eleverna arbetar vidare med uppgiften.

Sammanfattning av 3.2.1

- Graden av öppenhet i uppgifterna till eleverna kan användas för att rikta fokus på vissa delar av processen, exempelvis att ta fram alternativa lösningar.
- I en inramning som använder sig av fiktiva berättelser kan det uppstå en avvägning mellan elevers inlevelse i berättelsen och att genomföra förbestämda delar av processen.

3.2.2 Autentiska uppgifter

Autentiska uppgifter kan betyda att själva problemet som ska lösas är autentiskt eller att teknikutvecklingsprocessen är autentisk i meningen att den liknar hur professionella teknikutvecklare skulle arbeta. Uppgiften till eleverna kan till exempel vara presenterad som ett

verkligt problem som behöver lösas, och kanske dessutom i en lokal kontext som eleverna först behöver undersöka.

I en amerikansk studie (Cunningham & Kelly, 2017) undersöks en klass elever, 8–9 år, som får i uppgift att gruppvis utveckla fallskärmar. Forskarna analyserar kommunikationen under arbetets gång och särskilt lärarens roll för att rama in uppgiften. De lyfter fram hur läraren pratar om uppgiften som en autentisk uppgift och tilltalar eleverna som ingenjörer. Läraren skapar även ett vi inom hela klassen genom att testen av fallskärmarna och den data som de registrerar genom testen, beskrivs som deras gemensamma data som alla grupper kan använda sig av för att vidareutveckla sina fallskärmar. Genom att testerna utförs gemensamt i helklass förtydligas både själva teknikutvecklingsprocessen och vikten av samarbete i en sådan process. Klassen består av särskilt begåvade elever vilket forskarna inte diskuterar. Det är därför svårt att veta om det kan ha bidragit till möjligheten att skapa en gemensam förståelse på ett sätt som kanske inte är möjligt i en mer heterogen klass.

I en annan amerikansk studie (Gomoll m.fl., 2018a) beskrivs hur elever, 12–14 år, får en uppgift i robotik som ska vara ett autentiskt problem i den lokala skolkontexten. Forskarna analyserar hur elever kan fokusera både på tekniska och sociala aspekter när de arbetar med att skapa robotar. De sociala aspekterna handlar bland annat om vilka behov och funktioner de olika förslagen kan fylla i den sociala kontexten, i det här fallet elevernas skola. En av slutsatserna som dras är att elever behöver växla mellan de två perspektiven eftersom de är svåra att ha samtidigt.

Fyra grupper med elever genomförde uppgiften och tre av dem hade relativt starkt fokus på det tekniska perspektivet. Forskarna valde den av grupperna som de bedömde hade hunnit göra mest och som hade mest intressant utveckling från idé till slutresultat. Det var den enda gruppen som vid redovisningen kunde visa upp en fungerande prototyp av sin robot. I redovisningen framkom att eleverna hade ett tydligt fokus även på den sociala funktionen, att det är någon form av mänskligt problem som ska lösas. I det här fallet ville de skapa en robot som skulle hjälpa läraren att distribuera och samla in böcker och annat material till eleverna.

För att bättre förstå hur elever ska kunna komma närmare hur en autentisk teknikutvecklingsprocess går till, kan jämförelser göras mellan hur eleverna pratar med varandra under arbetets gång och professionella ingenjörers kommunikation. I studien av Gustafson och MacDonald (2004) observeras 11–13-åriga elever i Kanada när de planerar, konstruerar och bygger fallskärmar i mindre grupper. Forskarna beskriver hur elevernas tal till viss del liknar professionella ingenjörer när de formulerar begränsningar, namnger och definierar inom processen samt fattar beslut. Men det finns också skillnader, bland annat att de begränsningar som elever diskuterar också handlar om begränsningar inom undervisningens ramar snarare än begränsningar som finns inneboende i uppgiften. Tid var den viktigaste begränsningen eftersom eleverna hade svårt att hinna klart på lektionen och ofta påminde varandra om när de måste vara klara. Därutöver menar forskarna att det finns två ytterligare kategorier av tal

som var specifikt för undervisningssituationen. Den första är att det tillkommer tal om handlingar, att göra olika saker, eftersom eleverna förväntades att bygga det de hade designat, vilket ingenjörer eller arkitekter inte förväntas göra. Den andra handlar om den sociala aspekten där det tillkommer tal som handlar om sociala relationer, personliga tvivel, avväganden om hur mycket elever vill dela med sig och konkurrens (Gustafson & MacDonald, 2004).

Sammanfattning av 3.2.2

- Även om en uppgift kan vara utformad för att likna en autentisk teknikutvecklingsprocess kommer själva skolkontexten innebära begränsningar i form av bland annat strukturella ramar så som tid och sociala förväntningar
- Genom att utgå från verkliga problem kan lärare utforma undervisningen så att elevernas arbete i högre grad kan likna autentiska situationer av teknikutveckling.

3.2.3 Använda tekniska begrepp och tidigare kunskap

För att komma vidare i ett arbete med teknikutveckling belyser flera studier betydelsen av elevers tidigare kunskaper om tekniska begrepp. I det här avsnittet presenteras resultat från studier som diskuterar undervisning och möjligheter till lärande i relation till andra förvärvade kunskaper. Det kan handla om kunskaper i teknik om till exempel bärkraft och hållfasthet, eller om att kunna använda sig av förmågor som eleverna har från matematiken.

I en amerikansk studie (Bowen m.fl., 2016) undersöks betydelsen av ämneskunskaper (på engelska content knowledge), vilka innefattar kunskaper som bedöms behövas för att kunna lösa ett visst tekniskt problem. Elever i åldern 13–14 år fick designa broar i en digital simuleringsmiljö. Inbakat i simuleringsprogrammet fanns en introduktion och genomgång av relevanta ämneskunskaper. Klasserna delades i en experimentell grupp och en kontrollgrupp. Eleverna i den experimentella gruppen fick endast skriftliga instruktioner för hur man använder programmet. Kontrollgruppen fick som en del av simuleringsprogrammet introduktionen till programmet samt till hur man bygger broar. Forskarna gjorde för- och eftertest på elevernas ämneskunskaper och bedömde deras prestationer, alltså deras simuleringar av broar.

Resultaten visade på signifikanta skillnader mellan grupperna vad gäller ämneskunskaperna, kontrollgruppen hade större positiv förändring i kunskaper än den experimentella. Däremot var det inte lika stora skillnader mellan gruppernas prestationer vad gäller de simulerade broarna, vilket forskarna menar kan bero på att den experimentella gruppen hade mer tid på sig att helt enkelt prova sig fram. Därför menar forskarna att det inte räcker att endast titta på prestationer av själva designen för att kunna bedöma förvärvade ämneskunskaper (Bowen m.fl., 2016).

I en amerikansk studie av Gillespie Rouse och Rouse (2019) får eleverna, 8–9 år, i uppgift att utveckla och göra popup-böcker (se figur 4). Forskarna undersökte hur elevernas kunskaper

om tekniska begrepp påverkades av att antingen få möjlighet att reflektera över processen i skriftlig form genom att skriva dagbok eller få delta i smågruppsdiskussioner. Eleverna delades in i två grupper och jämförelsen visade att både skrivande och muntliga diskussioner hade positiva effekter för att främja förståelsen av och förmågan att använda tekniska begrepp. Dock lyfter forskarna fram att det möjligtvis hade räckt med själva undervisningen, det är inte undersökt i den här studien.

FIGUR 4. Reflektera och använda tekniska begrepp



Eleverna samtalar om arbetet med att utveckla en popup-bok.

I flera av studierna från den forskargrupp som genomförde ett flerårigt forskningsprojekt i Australien studeras hur elever använder sig av naturvetenskaplig kunskap och begrepp (se t.ex. English m.fl., 2017). I en av dessa studier (English m.fl., 2013) fick elever, 9–10 år, använda sig av kunskaper i matematik och naturvetenskapliga ämnen för att utveckla pappersflygplan. Forskarna menar att resultaten visar att lärare kan uppmuntra elever att tillämpa sina ämnesövergripande kunskaper, i det här fallet hur olika krafter och geometriska former påverkar ett flygplans prestanda. Eleverna kunde med stöd från läraren lära sig hur förändringar i deras design påverkar prestandan, exempelvis flygtid, hastighet och stabilitet. Enligt studien bör lärare balansera mellan att introducera nya begrepp och låta eleverna självständigt tillämpa dessa begrepp i sina projekt. Lärarstöd kan inkludera vägledning om hur man förbättrar designen med mer detaljerade skisser och kunskaper om fenomen.

I en svensk studie av Björkholm (2015) undersöks hur elever i förskoleklass och årskurs 1 får undervisning i att konstruera länkmekanismer genom att skapa en sprattelgubbe. I studien belyses vikten av att ta ämnesinnehållet i beaktande samt att lärare kan stötta elevers teknikutvecklingsprocess genom att identifiera kritiska aspekter. Läraren kan variera de identifierade kritiska aspekterna i undervisningen för att få eleverna att urskilja lärandeobjektet. Björkholm

använder sig av variationsteori⁷ och menar att lärandeobjektet (att konstruera en länkmekanism) kan beskrivas som förmågan att urskilja skillnaden mellan input och output i konstruktionen. Det görs genom att fysiskt åtskilja fästpunkterna och att hålla isär de olika typerna av fästpunkter (fixa och rörliga). Den rörliga fästpunkten måste placeras på motsatt sida av den resulterade rörelsen för att den ska kunna överföras till rörelse.

I en annan studie av samma forskare (Björkholm, 2018) deltar 53 elever i årskurs 2 som arbetar med sammanfogningar av olika material i konstruktionsarbeten. Forskaren kategoriserar olika former av kunnande om sammanfogningar utifrån antingen funktion eller konstruktion. Funktion handlar här om sammanfogningens kvalitet, till exempel att den håller vid belastning. Konstruktion handlar om hur sammanfogningarna görs, att till exempel kunna använda en limpistol, välja sammanfogningsmetod eller att maximera kontaktytor. Genom att tydliggöra de olika typer av kunnande som finns inom ett område kan lärare anpassa elevuppgifter och progression i undervisningen så att olika former av kunnande täcks in.

I Gustafson och MacDonald (2004) lyfts vikten av att stödja eleverna att använda naturvetenskapliga begrepp i arbetet med teknikutveckling, och att läraren aktivt behöver stödja eleverna i detta. Eleverna hade svårt att benämna saker med vetenskapliga termer, förmodligen eftersom de hade svårt att omsätta sina tidigare kunskaper till uppgiften. Till exempel kan läraren behöva stödja eleverna i att kunna se hur kunskap om aerodynamik som luftens egenskaper och lyftkraft kan användas av eleverna när de utvecklar fallskärmar. Genom att exempelvis tänka högt eller ge medvetna instruktioner kan läraren stödja eleverna i att föra över begreppen till arbetet med fallskärmen.

Sammanfattning av 3.2.3

- Elever kan behöva stöd i att använda tidigare förvärvade kunskaper i matematik och naturvetenskapliga ämnen i sina teknikutvecklingsprojekt.
- Lärare kan även stödja eleverna genom att i planeringen av uppgiften identifiera kritiska aspekter och olika kunnande som behövs för att genomföra teknikutvecklingen.
- Lärare kan i muntlig och skriftlig form stödja elevers användning av annan kunskap och relevanta begrepp som kan behövas i en teknikutvecklingsuppgift.

3.2.4 Visualisering, simulering och modeller

När elever får i uppgift att arbeta med teknikutveckling ingår ofta att de ska visualisera eller modellera sina förslag på tekniska lösningar. De kan även få arbeta med visualiseringar som lärare tillhandahåller till exempel genom VR-verktyg. I detta avsnitt presenteras resultat

⁷ Variationsteori är en vetenskaplig teori om lärande. Lärandeobjekt är ett centralt begrepp i teorin och betecknar den kunskap som undervisningen syftar till att utveckla hos den lärande. Genom att variera kritiska aspekter av ett lärandeobjekt kan eleverna urskilja nya aspekter av objektet. Då sker ett lärande hos eleven se t ex Lo, M. L., & Johansson, I. (2014). *Variationsteori: För bättre undervisning och lärande*.

från de studier som specifikt har analyserat hur lärare kan arbeta med bland ritningar och modeller.

I en svensk studie (Citrohn m.fl., 2023) av tre teknikutvecklingsprojekt i tre klasser i årskurs 7, 8 och 9, undersöks hur modeller används i elevernas teknikutvecklingsarbeten. Modeller fungerar som ett verktyg för att visualisera idéer, testa hypoteser och kommunicera tekniska lösningar. Detta kan hjälpa eleverna att förstå tekniska begrepp och processer på ett djupare sätt. Modellerna är exempelvis skisser och konstruktioner.

Studien identifierade sju olika aktiviteter där modeller användes: identifiera problem, planera för modellering, dokumentera, konstruera, testa, demonstrera och utvärdera. Dessa aktiviteter förekom i olika utsträckning beroende på projektets karaktär och elevuppgiftens utformning. Aktiviteterna hjälpte eleverna att förstå och använda modeller i olika steg av teknikutvecklingsprocessen.

Forskarna menar att modeller i teknikutvecklingsprojekt har tre huvudsakliga dimensioner: struktur, funktion och material. Dessa dimensioner framkommer i olika grad beroende på projektets karaktär och hur mycket frihet eleverna har. En av klasserna skulle utveckla en stegräknare och uppgiften till eleverna hade hög grad av öppenhet. Elevernas modeller involverade alla tre dimensioner, och uppgiften krävde att eleverna övervägde flera aspekter samtidigt. I de andra två klasserna var uppgifterna inte lika öppna och eleverna fokuserade mest på en eller två av dimensionerna, främst funktion.

Forskarna lyfter fram att lärarens roll är central i att guida eleverna genom teknikutvecklingsprocessen för att de ska kunna använda modeller effektivt. Lärarna kan ha olika mål med undervisningen och därför exempelvis begränsa uppgiften på olika sätt. I en av klasserna var uppgiften utformad som en tävling där de skulle utveckla en bro som skulle uppfylla vissa kriterier, bland annat att den skulle kunna hålla en vikt på 700 g i tio sekunder. Alla elever hade tillgång till samma material, och den bro som uppfyllde kraven men vägde minst vann tävlingen. Genom att avgränsa uppgiften kunde läraren bygga vidare på tidigare undervisningsinnehåll som eleverna nu hade möjlighet att använda sig av, exempelvis bärkraft och hållfasthet.

I studien av Laisney och Brandt-Pomares (2015) studeras franska grundskoleelever, 12 år, som har fått i uppgift att designa ett bord utifrån vissa specifikationer och begränsningar. Syftet med studien är att undersöka användningen av grafiska verktyg i teknikutvecklingsprocessen. Läraren ombads av forskarna att ingripa så lite som möjligt under arbetets gång. Eleverna fick initialt antingen rita för hand eller använda CAD-verktyg, och därefter välja vad de skulle arbeta vidare med. Resultaten visade, i enlighet med forskarnas hypoteser, att handritning i de tidiga delarna av teknikutvecklingsprocessen främjar en bredare utforskning av möjliga lösningar, medan CAD-verktyg är viktiga för att fördjupa och precisera en specifik lösning. Kombinationen av dessa verktyg i rätt ordning kan förbättra både kreativiteten och noggrannheten i elevernas designarbeten. Dock varnar forskarna för att det också tar tid och tankekraft att lära sig ny mjukvara, vilket lärarna behöver ta hänsyn till.

I en annan svensk studie (Lind m.fl., 2022) beskrivs hur modellerna hjälper eleverna att diskutera på ett mer informerat sätt. I studien undersöker forskarna undervisning i en klass i årskurs 8, där det förutom teknikutvecklingsprocessen även ingår teknisk litteracitet och lärande om framväxande teknologi och hållbarhet. Eleverna fick individuellt planera, skissa och modellera ett framtida hus. Gruppvis fick de sedan diskutera sina modeller med varandra.

I studien framkommer att teknikutvecklingsprocessen uppmuntrar elever att utveckla och uttrycka sin kunskap, vilket syns i samtalen mellan eleverna i klassrummet. Det kollaborativa arbetet lyfts som centralt när eleverna diskuterar, förklarar och använder olika perspektiv på ett specifikt ämnesinnehåll. Enligt forskarna utvecklar eleverna därmed en vidare förståelse för teknik. De lyfter även hur lärare kan använda undervisningsstrategier som utvecklar elevernas tekniska litteracitet och ger dem möjlighet att uttrycka sig muntligt i interaktion med varandra. Kombinationen av att arbeta med en fysisk modell och att reagera och argumentera tillsammans med andra skapar möjligheter för lärande. Forskarna menar att när eleverna får arbeta med teknikutvecklingsprocessen på det här sättet får de utveckla sina kompetenser i handling, vilket innefattar att uppmärksamma behov, artikulera problem, bidra till en teknisk process och analysera konsekvenserna.

En av studierna (Chang, 2022) har undersökt hur möjligheten att använda simulering med hjälp av VR, virtual reality, påverkar vad som i studien kallas ingenjörskonkompetens. Eleverna som går på en motsvarande gymnasieskola i Taiwan har fått utveckla en självgående bil. En experimentell grupp har använt sig av en VR-box med mjukvara som möjliggör simulering av motoregenskaper, elektriska kretsar och 3D-modeller. Kontrollgruppen har i stället fått konventionell undervisning om ingenjörskonkompetens. Forskaren har gjort för- och eftertester gällande tre aspekter av ingenjörskonkompetens: identifiera begränsningar, förutsäga analys och optimering. Resultatet visar att de elever som fick använda sig av simulering med hjälp av VR hade måttliga men signifikant positiva resultat vad gäller ingenjörskonkompetens generellt, och för att identifiera begränsningar mer specifikt. Däremot påverkade användningen av VR inte förutsäga analys eller optimering.

En faktor att beakta vid tolkningen av resultaten är att det inte fanns mycket information om de två grupperna, förutom resultaten på förtesterna. I elevgrupperna totalt var även könsfördelningen skev, med en majoritet (76 procent) flickor. Forskaren lyfter att VR-tekniken eventuellt främst främjar vissa förmågor, och att det krävs mjukvara som kan erbjuda interaktivitet för eleverna.

En klass elever, 8–1010 år, och dess lärare i en kanadensisk grundskola deltog i en studie (MacDonald m.fl., 2007) som undersökte hur ritande kan fungera som ett pedagogiskt verktyg, särskilt i planeringsfasen av en teknikutvecklingsprocess. Forskarna utgår från en förförståelse av ritande som en nödvändig del i en teknikutvecklingsprocess. De beskriver tre olika slags ritningar i processen. I början av processen ritas det snabba, utforskande skisser som en del av planeringen och under processens gång blir det mer sofistikerade och detal-

jerade ritningar. I slutet av processen görs ritningar som representerar den slutliga tekniska lösningen.

Läraren i studien arbetade med ritande på två sätt, dels fick eleverna särskild undervisning i att rita, dels integrerades ritande på ett explicit sätt i teknikutvecklingsprocessen. Resultaten visar att elevernas förmåga att rita förbättrades när de först hade separat bildundervisning. De kunde till exempel rita större bilder, vilket var positivt för deras arbete inom teknikundervisningen. Genom att rita exempelvis ett bilchassi större, blir det möjligt att lägga till mer detaljer om hur konstruktionen är tänkt. Däremot hade eleverna svårt att överföra vad de lärt sig om att rita i 3D till teknikutvecklingsarbetet.

Forskarna drar slutsatsen att eleverna hade behövt mer tid för att behärska den förmågan tillräckligt bra för att också kunna använda den i en planering under en teknikutvecklingsprocess. Eleverna skulle bygga vad de hade ritat och planerat, men ville ofta helst börja bygga direkt utan att först planera. Flera elever byggde något annorlunda än vad de hade ritat, vilket i vissa fall gjorde att de ville sudda ut eller göra om ritningen. Läraren i studien beskrev att hon i framtiden skulle vilja ha rutor på ett papper där eleverna kunde rita fram sin process.

När forskarna frågade elever om hur de hade arbetat med planerna när de började bygga varierade svaren. Vissa sade sig använda ritningen medan andra sade sig inte ha använt den alls – trots att vad de byggde i vissa fall liknade ritningen i hög grad. Forskarna resonerar om att eleverna kanske inte alltid var uppmärksamma på att de använde sig av planen, och att de i andra fall hade en mental bild i huvudet. Under en helklasslektion beskrev eleverna hur en plan kan finnas i huvudet, på papper, i händerna eller i det som du har konstruerat. Forskarna menar att det resultatet också är viktigt, att förstå att eleverna kanske inte är medvetna om vad de använder skissen eller ritningen till.

Sammanfattningsvis menar forskarna att elever måste känna att deras skisser och ritningar hjälper dem för att de ska behandla dem som viktiga. I slutsatserna framkommer att det är viktigt att inte bara lägga fokus på konstruktionsdelen utan lärare måste även framhäva ritandet och planeringen. Då kan explicit arbete med förmågan att rita vara ett stöd. Men forskarna menar att då behöver teknikutvecklingsuppgiften i sig också vara av ett öppet slag med olika alternativa lösningar (MacDonald m.fl., 2007).

I en av de australiensiska studierna (English m.fl., 2012) arbetade eleverna, 11–12 år, med att utveckla och bygga broar. I studien görs en kategorisering av skisserna utifrån hur avancerade de är. Forskarna observerade att de elever som hade haft en del av uppgiften även som läxa kunde göra mer avancerade skisser. De hade till exempel med olika vinklar, mätningar, materialbenämningar och strukturbenämningar. Möjliga orsaker kan vara att eleverna lade mer tid på skisserna hemma och att instruktionerna till läxan uppmuntrade till mer detaljer. Det kan också bero på att de hade fått hjälp hemmavid av någon vuxen. De elever som endast arbetade med skisserna i skolan tenderade även att lägga mer tid på byggandet.

Delvis samma forskargrupp har i en annan studie (English m.fl., 2017) studerat 11–12-åriga elever på bland annat en flickskola som arbetade med att utveckla jordbävningsresistenta

byggnader. I studien beskrivs hur eleverna visade god förmåga att planera sina konstruktioner genom att skapa detaljerade skisser och anteckningar. Skisserna inkluderade ingenjörsmässiga detaljer som kryssförstärkning, isolering och avsmalnande geometri. Eleverna kunde också förklara hur dessa tekniker skulle bidra till att göra deras konstruktioner starkare och mer stabila. Elevernas skisser och konstruktioner visade att de tillämpade begrepp från matematik, naturvetenskap och teknik. De förstod och använde begrepp som stabilitet, styrka, balans och materialegenskaper. Vid tester av deras byggnader använde eleverna denna kunskap för att analysera resultaten och identifiera förbättringsområden.

Forskarna tolkar elevernas arbete som att de engagerade sig i en iterativ teknikutvecklingsprocess. Efter att ha testat sina första konstruktioner, reflekterade eleverna över resultaten och använde denna information för att förbättra sina designskisser och skapa en andra, förbättrad version av sina byggnationer. På så sätt experimenterade de med material och optimerade designen för att uppnå bättre resultat. Detta hands-on-lärande stärkte deras förståelse för de tekniska principerna bakom jordbävningsresistenta byggnader. Även i studien av English och King (2017) beskrivs hur elever 9–10 år, använde ett iterativt arbetssätt när de skulle göra en skiss och därefter en modell av ett torn. Eleverna skulle genom utprövning konstruera ett torn på tre våningar med minimalt antal pelare, utan att förlora stabilitet. Liknande resultat återfinns även i ytterligare en studie från forskargruppen (English & King, 2015).

Elever i 13–14 årsåldern fick i en annan studie (English m.fl., 2013) utveckla en katapult. Forskarna beskriver hur vissa av eleverna hade svårt att skilja på modellen de byggde och den tänkta slutgiltiga produkten. Eleverna strävade efter att bygga den perfekta modellen och ville ha bättre material till modellen av katapulten. Valet av material kom därmed att handla mer om att modellen skulle hålla i utprövning och uppvisning i undervisningssituationen än att den tänkta katapulten skulle hålla i verkligheten.

Sammanfattning av 3.2.4

- Skisser, ritningar och modeller är en central aspekt av elevers lärande om teknikutvecklingsprocessen. De kan tjäna olika syften i olika delar av processen och vara ett underlag för reflektion och diskussion.
- För att till fullo kunna nyttja möjligheter som skisser och ritningar ger kan elever behöva få möjlighet till att stärka sina förmågor att rita.
- Digitala verktyg kan användas till exempelvis för simulering eller för att kunna rita mer detaljerade ritningar. Nya verktyg kan dock ta tid att lära sig.

3.3 Kommunikation och interaktion i grupparbeten

Professionell teknikutveckling sker ofta kollaborativt och även i studierna är det vanligaste lektionsupplägget att eleverna ska genomföra uppgifter och projekt i mindre grupper. Kom-

munikation och interaktion mellan eleverna blir därmed en central faktor i elevernas lärande under arbetets gång. Flera av studierna har som huvudsakligt fokus att studera på vilket sätt eleverna gemensamt tar sig an olika steg i processen, som att formulera problem, idégenerera, fatta beslut och välja mellan olika lösningar. Även i studier där kommunikationen inte är det huvudsakliga studieobjektet tas ofta kommunikativa aspekter upp. I en amerikansk studie (Berland m.fl., 2013) beskrivs exempelvis hur den tekniska lösning som eleverna väljer att gå vidare med inte främst avgörs av naturvetenskapligt orienterad kunskap om hur tekniken skulle fungera eller av matematiska beräkningar. Det handlar i stället om att pröva sig fram och välja den första lösningen som verkar tillräckligt bra, eller att välja en på grund av att en av eleverna är duktig på att övertala de andra. Ett annat exempel är när det kollaborativa arbetet och gruppinteraktionerna lyfts som en viktig del av teknikutvecklingsprocessen, eftersom eleverna i processen kan identifiera problem och utveckla och utvärdera lösningar på ett problem (Lind m.fl., 2022).

I det här temat fokuserar vi dock på de studier som har kommunikation som huvudsakligt forskningsfokus. De presenteras i två underteman:

- Kollektiv problemlösning och beslutsfattande
- Stödja gruppen att stanna i osäkerheten

3.3.1 Kollektiv problemlösning och beslutsfattande

I en amerikansk studie (Wendell m.fl., 2017) har elever i åldern 7–10 år fått i uppgift att planera, konstruera och bygga modeller av vattenfilter, broar, elektrisk krets, maglevfordon⁸ eller väderkvarnar. Ju äldre eleverna var desto svårare uppgift fick de. Syftet med studien var att undersöka hur elever pratar, tänker, skriver och gör, och hur det kan förstås utifrån ett perspektiv av ett kollektivt reflekterande beslutsfattande. Forskarna som hade nära samarbete med lärarna observerade och dokumenterade vad som hände i klassrummen, där eleverna arbetade i mindre grupper med uppgifterna. Resultaten presenteras som sex punkter av reflekterande beslutsfattande som har identifierats hos eleverna. Forskarna tar upp att lärarna inte hade lång erfarenhet av att undervisa i teknik, och det framkommer att forskarna deltog i undervisningen genom att ställa frågor till eleverna. Forskarnas närvaro i klassrummet kan ha påverkat elevernas kommunikation.

I tabell 2 presenteras olika former av reflekterande beslutsfattande från studien. De tre första punkterna sker under den initiala planeringsfasen och de tre senare efter att en prototyp tagits fram och under eller efter att den testas.

8 Maglev står för magnetisk levitation. Fordonen drivs fram med hjälp av magnetiska krafter.

TABELL 2. Identifierat reflekterande beslutsfattande hos grundskoleelever

REFLEKTERANDE BESLUTSFATTANDE	EXEMPEL PÅ VAD SOM OBSERVERATS	BESLUT ATT FATTA
Planering		
1. Formulera flera lösningar.	Medveten turtagning för att berätta om individuella idéer. Samtidigt ritande av olika designplaner.	Vilka lösningar ska vi överväga?
2. Utvärdera för- och nackdelar.	Referenser till begränsningar: t.ex. storlek och styrka. Referenser till kriterier: förväntad prestanda hos prototypen.	Hur sannolikt är det att de här lösningarna kommer att vara framgångsrika?
3. Avsiktligt välja lösning.	Rösta om gruppmedlemmars förslag. Skapa en detaljerad materiallista. Tilldela roller för att skapa en detaljerad designplan. Syntetisera flera individuella idéer till ett nytt sammanfogat förslag.	Vilken lösning är mest sannolik att lösa problemet på ett optimalt sätt?
Pröva och ompröva		
4. Återberätta hur lösningen fungerade.	Kommentera under tiden som test görs. Uppmärksamma fel och referera till skiss. Påminna gruppmedlemmar om testresultat.	Uppfyllde prototypen designkraven?
5. Analysera lösning utifrån specifika belägg.	Använda kritik från andra grupper för att begripliggöra designfel. Beskriva testresultat från användarperspektiv. Föreslå förändringar utifrån testresultat.	Vad gjorde prototypen mer eller mindre framgångsrik?
6. Målmedvetet välja förbättringar.	Ändra skiss. Föreslå att ändra val av material. Rättfärdiga nya materialval utifrån säkerhet eller användbarhet.	Vilka ändringar ska vi göra?

Tabellen är en förkortad och översatt version av den som finns i Wendell m.fl. (2017).

Identifieringen och kategoriseringen som forskarna gör kan ses som ett sätt att synliggöra det som händer i klassrummet. De belyser tre utmaningar i relation till kollektivt beslutsfattande som de observerat hos eleverna.

För det första lyfter de hur föreliggande normer om konkurrens om både akademisk och social status samt brist på inarbetade arbetssätt för samarbete, gjorde att det ibland mer handlade om individers status än om vilka beslut som fattades. Det kan också handla om sociala relationer, där någons lösning backas upp av vänskapsskäl och inte för att den bedömdes som den bästa lösningen. Här kan eleverna behöva ytterligare stöd för att hitta bra arbetsformer.

För det andra upptäcktes inte alltid designmisstag, vilket gjorde att de tekniska lösningar

som eleverna föreslog i vissa fall inte uppfyllde de uppställda kraven. Lärare kan genom att utveckla hur eleverna arbetar med att testa prototyperna arbeta med den utmaningen.

För det tredje var språket som eleverna använde i de kollektiva beslutssituationerna ibland bristande och vagt, vilket gjorde att det blev svårt för eleverna att förstå varandras förslag. Det kan handla om att till exempel inte använda de faktiska termerna utan att i stället använda ”den” eller ”det”. Som i följande fall med ett maglevtåg där det blir osäkert när eleven pratar om tåget, magneterna, växeln eller designen generellt:

For it to stop, it would be a certain switch to turn the magnets maybe to flip over to attract, and while they're like on, it will attract, and it will come to a stop, and it will be on the ground, and then when the passengers get off the train, it will switch back, and it would repel go up again, and then it would just keep going. (Wendell m.fl., 2017, s. 378)⁹

Eleverna behöver enligt forskarna stöd i att använda ett mer ändamålsenligt språk med bland annat teknikbegrepp (Wendell m.fl., 2017). Ett liknande exempel beskrivs i en annan studie där en elev som beskriver designförslag och använder många ”den” och ”det” inte blir förstådd av de andra eleverna i gruppen i (McFadden & Roehrig, 2019).

En annan amerikansk studie av Selcen Guzey och Aranda (2017) undersökte kommunikationen och interaktionen mellan elever, 13–14 år, under ett grupparbete med att designa ett växthus. I de fyra grupper som observerades och analyserades fanns det en variation mellan grupperna, bland annat gällande antal nya idéer som kom upp tidigt i processen. Forskarna lyfter vikten av att läraren stödjer eleverna i den tidiga processen för att få fler och mer varierade förslag. Det framkom även att en eller två elever oftast ledde diskussionen, vilket kan leda till att inte alla eleverna i gruppen får samma möjlighet till lärande. Vidare lyfter forskarna fram att komplexiteten i besluten varierade, och att kravet på att ta hänsyn till kostnad som en begränsning eventuellt bidrog till förenklade resonemang. Eleverna hade svårt att både ta hänsyn till vetenskapliga aspekter som temperatur och kostnadsaspekter och tenderade att fatta snabba beslut om materialval på främst kostnadsbasis. När läraren gick in och ställde frågor såg forskarna att kvaliteten på diskussionerna ökade och i slutändan även designen, men att läraren inte gav alla grupperna samma stöd genom frågor.

Resultaten i studien pekar mot att för att öka kvaliteten i diskussionerna behöver eleverna dels stöd i att engagera alla i gruppen, dels inte få för komplicerade uppgifter med exempelvis för många begränsningar. Komplexiteten kan leda till att de fattar snabba beslut som inte är förankrade i det vetenskapliga ämnesinnehåll som är relevant för uppgiften.

Elever uppfattar och hanterar risker i teknikutvecklingsprojekt som inte endast handlar om uppgiften i sig utan om lärmiljön och skolkontexten generellt. I en amerikansk studie (Wright m.fl., 2018) undersöks elevers syn på sig själva som deltagare i en ingenjörprocess, och hur det kollektiva beslutsfattandet sker. Eleverna, 9–11 år, som går i två storstadsskolor observeras i

⁹ Vi väljer att inte översätta det här citatet eftersom just otydligheten gör att det är svårt att översätta citatet korrekt.

undervisningen och intervjuas. Resultaten visar att eleverna uppfattade risker med att granska varandras förslag och att bedöma för- och nackdelar med olika föreslagna lösningar. De var måna om att det skulle vara god stämning i gruppen, att ingen skulle känna sig utanför eller orättvist behandlad och att läraren inte skulle få uppfattningen att de bråkar.

Ett sätt som eleverna hanterade riskerna var att kombinera olika idéer som hade lagts fram. Genom att lägga ihop flera idéer behövde de inte granska varje förslag noggrant och inte heller kritisera andra elevers förslag eller argumentera för sitt eget. Nackdelen med att hantera risker genom att undvika att ta ställning är att eleverna då inte får möjlighet att gå in på djupet i den delen av processen som handlar om att utvärdera olika lösningar, för att kunna välja en lösning på basis av vad gruppen bedömer kommer fungera bäst, även om de för uppgiften framåt. Forskarna lyfter även att skolkontexten kan spela in; om eleverna är ovana vid att argumentera och kritisera kan det vara svårt att vid ett enskilt undervisningsmoment, som att granska och välja bland flera alternativa lösningar, våga göra det.

Begreppet epistemiska konflikter används i en studie av Dalvi och Wendell (2024) för att beskriva de konflikter som kan uppstå i en grupp och som handlar om själva kunskapsinnehållet i en uppgift. Det kan till exempel handla om vilket material som är det bästa valet för en prototyp. Forskarna har studerat en grupp elever, 9–11 år, med fokus på hur de kommunicerar med varandra i dessa konflikter.

I studien beskrivs hur ett begripliggörande sker hos eleverna där de använder sig av dels argument om funktion, dels om mekanistiska principer för att presentera sina idéer och förslag. Eleverna använder det tillgängliga materialet som ett underlag för att lösa konflikter och beskriva sina idéer för sina gruppmedlemmar. Forskarna lyfter fram att i dessa epistemiska konflikter finns möjligheter till lärande, men att eleverna kan behöva lärares stöttning för att begripliggöra det som händer i dessa konflikter.

I en amerikansk studie (Ramey m.fl., 2020) undersöks elevers användning och utveckling av spatiala förmågor under arbetet med att utveckla teknik. Elevers spatiala resonemang visar sig genom hur de pratar och gestikulerar, men även hur de manipulerar objekt. Eleverna använder bland annat resurser som videofilmer, skrivna instruktioner och diagram. De tillämpar också prövande (på engelska tinkering) med såväl fysiskt som digitalt material, och till en mindre del skissande eller arbete utifrån skisser. På så sätt visar studien att eleverna kan utveckla sin spatiala förmåga genom praktisk, kollaborativ problemlösning med spatiala verktyg och representationer. Genom att ge tillgång till olika slags material och resurser kan läraren se hur elever till exempel manipulerar objekt och gestikulerar i relation till objekten.

Jung och McFadden (2018) studerade elever, 10–11 år, på en amerikansk grundskola som fick designa en kroppsdräkt som skulle vara anpassad till ett särskilt klimat. Läraren betonade särskilt för eleverna att de antingen skulle använda sig av information som de fått av läraren, eller från data som de fått fram genom att göra egna mätningar. I studien studeras särskilt två grupper av elever, och i den ena gruppen användes i hög grad personlig auktoritet för att rättfär-

diga beslut som fattades. Läraren försökte då påminna om att det behövs relevant underlag för beslut. Forskarna lyfter fram att även i professionella sammanhang används personliga erfarenheter, särskilt i de tidiga faserna i projekt, utan att det är något problem. En av slutsatserna som dras från studien är att det snarare handlar om att stödja eleverna att koppla personliga erfarenheter till andra kunskaper som de förvärvat.

Utveckling av skor var uppgiften i en studie av det australiensiska forskarlaget (English, 2019). Eleverna, 9–10 år, jobbade i små grupper om tre och skulle svara på frågor om problem som gruppen gemensamt hade definierat, vad gruppen ville uppnå med designen och hur de skulle testa den. Resultaten visar att eleverna tillsammans reflekterade och argumenterade för val av material utifrån sina kunskaper om dem. Referenser till exempelvis materialets egenskaper, struktur och användbarhet syntes i skisser och framkom i elevernas reflektioner över skorna de utvecklat. Elevernas uppmärksamhet på detaljer i designskisserna, såsom stilistiska drag, 2D- och 3D-perspektiv, mått och material, antydde att de hade kommit längre än nybörjar-designers. Beroende på vad eleverna ska utveckla kan materialet komma att ges olika vikt av eleverna. Man kan tänka sig att material blir särskilt intressant i utvecklingen av skor eftersom eleverna relativt enkelt tillsammans kan reflektera över funktion och utseende på materialet.

Sammanfattning 3.3.1

- Vid grupparbeten spelar många faktorer in när beslut fattas eller problem ska lösas, till exempel social status, sociala hänsynstaganden inom gruppen och tidigare arbetssätt. Grupperna riskerar att inte upptäcka misstag i sina förslag.
- Eleverna kan ha problem med att förstå varandra i diskussioner när de inte använder specifika termer och begrepp relevanta för uppgiften utan i stället uttrycker vad de tycker på ett mer vagt sätt.
- Elever behöver stöd för att kunna arbeta i grupp på ett sätt där de får möjlighet att reflektera över och värdera olika tekniska lösningar.

3.3.2 Stödja gruppen att stanna i osäkerheten

För att motverka att elever försöker få uppgiften gjord så snabbt som möjligt för att uppfylla lärarens förväntningar – snarare än att gå in engagerat i själva uppgiften och processen (Wendell m.fl., 2017) kan lärare behöva ge stöd för att en grupp elever ska våga låta osäkerheten få ta plats i vissa delar i processen.

Jordan och Babrow (2013) studerar samarbete och kommunikation hos grundskoleelever i 10–11-årsåldern när de gruppvis arbetar med robotik. Studien är inriktad på en del i processen som grupperna fick instruktion om att arbeta med, det som i studien kallas för brainstorming. Syftet var att eleverna skulle få fram flera idéer och sedan diskutera och välja bland dessa. Enligt forskarna bör lärare förbereda eleverna på fasen med idégenerering genom att i instruktionerna tydligt betona vikten av att inte för tidigt lämna osäkerheten för att uppnå konsensus.

Genom att hålla i osäkerheten genereras fler idéer att välja mellan, och lärare kan uppmuntra eleverna att undvika att för tidigt värdera och välja mellan de olika förslagen. Om eleverna fastnar för länge i en diskussion kring ett förslag kan det leda till att gruppen inte tar fram lika många förslag. Generellt såg forskarna att det fanns två typer av situationer där eleverna ändå började värdera under brainstormingsfasen. Den ena handlar om att eleverna nedvärderar sina egna idéer, den andra om att de försöker lyfta fram sina egna idéer och tolkar andras idéer genom sina egna.

Tre grupper studerades ingående och skilde sig åt i sina respektive kommunikationsmönster. I den första gruppen kom eleverna snabbt till konsensus vilket gjorde att de genererade totalt sett färre idéer än de andra grupperna. Kommunikationen i gruppen fungerade inte heller särskilt bra eftersom eleverna avbröt varandra och förde fram sina egna idéer, utan att lyssna på andras. I den andra gruppen dominerade två av eleverna talutrymmet. De genererade dock få idéer trots att de pratade mycket, och gruppen kom aldrig fram till konsensus. Gruppen hade svårt att tillsammans utvärdera de faktiska förslagen och att komma vidare från osäkerheten.

Forskarna beskriver att eleverna fokuserade på det relationella, bland annat genom att använda sig av artiga frågor som att explicit fråga den som pratade om den var färdig. Trots det framgick det att elever kände sig obekväma i gruppen. Det visade sig också att den robot som de utvecklade låg långt ifrån de ursprungliga idéerna. I den tredje gruppen framkom flest olika idéer. De nådde konsensus, och den design som gruppen producerade låg nära slutprodukten. Gruppen följde ett väldigt tydligt mönster. Först presenterades en idé, sedan undersöktes idén mer ingående genom att de ställde förtydligande frågor om designen, funktionen och miljöfördelarna, vilket ibland ledde till en utveckling av designen. Sedan presenterades nästa idé och proceduren upprepades, innan de gjorde en samlad värdering (Jordan & Babrow, 2013).

Under en fas med osäkerhet kan det tillhandahållna materialet vara av betydelse. Kim och Roth (2016) undersöker materialets betydelse för elevers lärande om krafter i ett grupparbete. I studien får grundskoleelever, 7–9 år, arbeta i mindre grupper med att utveckla och bygga en konsol av en pizzakartong (figur 5). Elevernas skrivbord agerar byggnad och pizzakartongen ska sticka ut så långt som möjligt från bordet.

Elevernas engagemang med materialet och kroppsliga erfarenheter blir ett lärande, till exempel att med hjälp av sin kropp hitta relationen mellan balans och vikt. Elevernas lärande uppstår när de känner balansen. Läraren i sin tur svarar mot de tolkningar som eleverna gör, i vissa fall för att försöka styra dem tillbaka in på den väg som läraren hade tänkt att eleverna skulle ta. Forskarna utgår från en teoretisk förståelse av hur elevernas lärande sker i en social kontext och att det som händer inte helt och hållet kan styras eller förutsägas.

FIGUR 5. Pröva sig fram under grupparbete



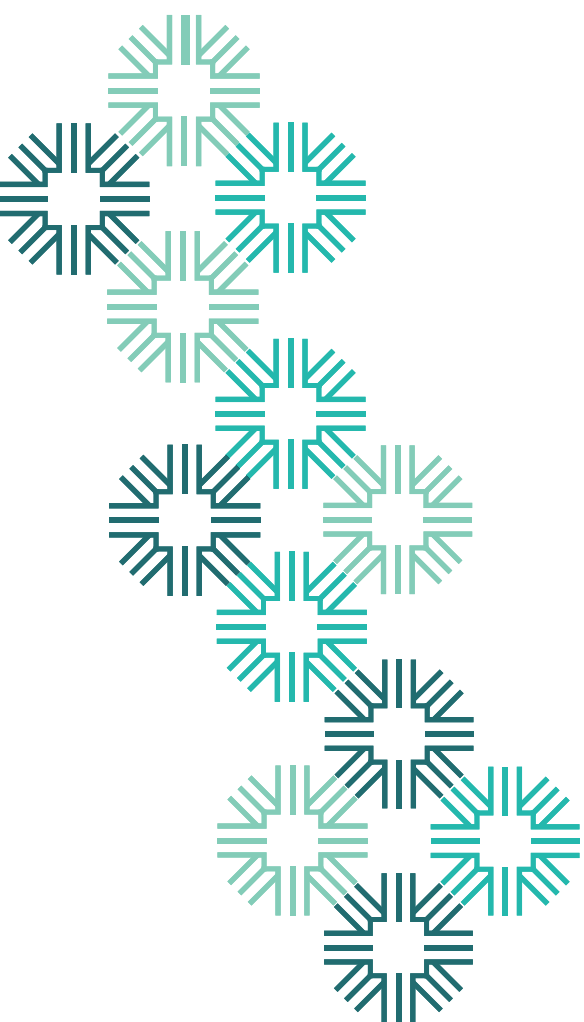
Eleverna ska utveckla en konsol med hjälp av en pizzakartong, sin skolbänk och annat tillgängligt material i skolan, som exempelvis kulor.

I en indisk studie av Kaur och Dasgupta (2024) observerar forskarna hur olika grupper tar sig an ett teknikutvecklingsprojekt. En av grupperna arbetade på ett sätt som var i enlighet med de önskade lärandemålen och diskuterade bland annat olika tekniska lösningar med varandra. I studien beskrivs vad som händer när eleverna frågar en av de undervisande forskarna i klassrummet om hur de kan gå vidare under en fas av att pröva och ompröva. När eleverna får ett konkret förslag väljer de direkt att gå vidare med det och avbryter det mönster som de hade följt tidigare av att diskutera för- och nackdelar gemensamt innan de tar beslut. Forskarna drar slutsatsen att eleverna lämnar sin egen process och lutar i stället på den som ses som en auktoritet.

Sammanfattning av 3.3.2

- Elever som arbetar i grupp kan behöva lärares stöd för att inte för tidigt lämna osäkerheten med flera förslag och att i stället diskutera de olika förslagen med varandra.
- Lärares stöd kan riktas på ett sätt som uppmuntrar diskussion och reflektion, för att motverka att gruppen exempelvis utan reflektion antar vad de uppfattar är lärarens förslag.





4. Diskussion

I det här kapitlet diskuteras kort de centrala slutsatser som kan dras från de ingående 43 studiernas resultat med utgångspunkt i hur lärare kan utforma undervisningen för att skapa möjligheter för lärande i och om teknikutvecklingsprocessen. Vi beskriver även översiktens begränsningar samt kunskapsluckor som vi identifierat under arbetet.

De samlade resultaten ger en bild av en gemensam förståelse av kärnan i själva undervisningsinnehållet. Oavsett om studien har fokuserat på hela teknikutvecklingsprocessen eller vissa delar av den så är det tydligt att både forskarna och de undervisande lärarna ser lärande om själva processen som central.

4.1 Systematiskt och iterativt arbete med hela teknikutvecklingsprocessen

Även om eleverna kanske inte arbetar med processens alla delar framkommer det som viktigt att de får en helhetsförståelse av processen och kan tillägna sig ett systematiskt och iterativt arbetssätt. Det betonas att elever bör få lära sig hur processen fungerar i sin helhet och att de ska få pröva i alla fall delar av den på ett sätt som liknar professionella teknikutvecklarens arbetssätt. I studierna lyfts både möjligheter och utmaningar inom undervisningen.

Processen bör vara dynamisk och inbegripa iterativitet, vilket ställer höga krav på undervisningen. Just tidsbegränsningar beskrivs återkommande i studierna som en hindrande faktor. Men det kan även finnas andra strukturella faktorer som att för att kunna fortsätta arbeta med ett projekt kan det krävas att det finns lokaler att förvara material och påbörjade konstruktioner i.

Det kan behövas en tydlig riktning i undervisning mot hela processen för att eleverna ska få arbeta med dess olika delar. Generellt finns det en risk att de provar sig fram och får till en fungerande teknisk lösning på ett problem, men att de inte kan reflektera över hur de arbetade

utifrån ett lärande om teknikutvecklingsprocessen i sin helhet. Det innebär en risk för att eleverna inte kommer att kunna överföra sina kunskaper vid en liknande uppgift.

Uppgiftens utformning styr i hög grad vilka möjligheter till lärande som finns för eleverna. I utformning av uppgiften finns flera avvägningar att göra som lärare. En avvägning är hur öppen uppgiften ska vara. För att få till en iterativitet och mer autentisk process kan man vilja ha en högre grad av öppenhet i uppgiften. Samtidigt behöver uppgiften och tidsramarna för den spegla de mål läraren har för elevernas lärande. Till exempel om man vill att de ska lära sig att ompröva och gå tillbaka och ändra i en skiss så kan man inkludera det som en explicit del av uppgiften och likaså i bedömningen av elevernas arbete. I vissa uppgifter kan man som lärare ha särskilda lärandemål kring exempelvis bärkraft eller hållfasthet och dessa behöver då ges tillräckligt utrymme i elevernas arbete. Då kan man som lärare vilja ha vissa moment i uppgiften mindre öppna.

Återkommande i studierna beskrivs hur eleverna rör sig mellan att delta i processen på ett autentiskt sätt och att vara i en skolkontext. Skolan som kontext sätter ramar för uppgiften, inte bara i form av tid utan även vad gäller att elever kanske vill prestera väl i lärarens ögon och att de deltar i en social kontext bestående av deras klasskamrater. Det beskrivs i ett par av studierna som att eleverna spelar "the classroom game" som kan yttra sig just som att elever försöker hitta de rätta svaren ur lärarens perspektiv (McCormick & Hammer, 2016; Wendell m.fl., 2017).

För att kunna uppmuntra och stödja elever till ett iterativt arbetssätt kan lärare arbeta med synen på att misslyckas. Genom att förtydliga för eleverna att misslyckanden är en nödvändig del av en teknikutvecklingsprocess kan eleverna se misslyckanden som en del av utprovning, i stället för att något negativt. Likaså kan det vara ett sätt att visa på komplexiteten i olika teknikutvecklingsprocesser. Teknikfilosofen Marc de Vries menar att förenklade illustrationer av teknikutvecklingsprocessen i läroböcker riskerar att förmedla en felaktig bild av att kunna användas på alla slags projekt. Det kan leda till frustration hos eleverna när de upptäcker att processen så som den är beskriven inte fungerar på det aktuella problemet som de arbetar med. Ju äldre eleverna är desto mer kan de själva reflektera över själva processen men för de yngre kan det vara svårare att se nyanserna i processen och att uppfatta skillnader mellan olika slags teknikutveckling (de Vries, 2005).

4.1.1 Kommunikation och interaktion under hela processen

I de inkluderade studierna är det vanligaste arbetssättet för eleverna att de arbetar tillsammans i mindre grupper. Flera av studierna analyserar hur eleverna kommunicerar och interagerar med varandra under en teknikutvecklingsprocess.

Genom att arbeta i grupp får eleverna möjlighet att öva på att tillsammans pröva olika förslag och reflektera vid olika delar av processen. För att gemensamt kunna fatta beslut om till exempel vilka förslag de ska gå vidare med behöver de kunna prata med varandra på ett ändamålsenligt sätt. I de samlade resultaten finns flera exempel på grupparbeten där de tillsammans arbetar på ett systematiskt sätt och gemensamt kan reflektera och fatta beslut under

processens gång. Men det finns även observationer av hur de kommunicerar där det framkommer att grupperna kan ha svårt att stanna i osäkerheten av att inte veta hur ska de gå vidare och att de då kan ta till andra sätt att fatta beslut, såsom sociala hänsynstagande. Det kan även handla om att andra aspekter än innehållet i de olika förslagen blir avgörande, som status i klassen, tidigare inarbetade samarbetsmönster eller att elever backar upp sina vänners förslag. De kan därför behöva stöd för att kunna tillsammans reflektera och värdera olika tekniska lösningar. Även i en positiv lärmiljö generellt kan eleverna behöva stöd och strukturer för att kunna kommunicera med varandra på ett sätt som skapar möjligheter för lärande kring de olika delarna av teknikutvecklingsprocessen. Det kan till exempel handla om att ge stöd i hur man kan fatta beslut för att komma vidare i processen.

Eleverna kan även ha problem med att förstå varandra i diskussioner när de inte använder specifika termer och begrepp relevanta för uppgiften utan i stället uttrycker vad de tycker på ett mer vagt sätt. När de inte förstår varandra blir beslutsfattandet och det gemensamma reflekterandet svårare.

Till sist kan det lyftas att alla delar av teknikutvecklingsprocessen inte behöver ingå i uppgiften. Läraren kan välja att begränsa uppgiften och exempelvis material för att eleverna ska kunna koncentrera sig på vissa delar i processen. För att eleverna ändå ska få en förståelse för processen som en helhet kan lärare förtydliga vilka delar av processen som undervisning fokuserar på och hur de är en del av en helhet.

4.2 Stödja elever i olika delar av teknikutvecklingsprocessen

Den samlade bilden visar att elever kan lägga olika stort värde vid olika delar av processen. Till exempel kan de vilja snabbt vidare till att få börja bygga en prototyp och inte vill lägga så mycket tid på undersökning eller planering. Om målet med undervisningen är att eleverna ska arbeta med vissa specifika delar av teknikutvecklingsprocessen kan det därför krävas att eleverna uttryckligen får i uppgift att arbeta med dem. En del av studierna har fokuserat på vissa specifika delar av teknikutvecklingsprocessen, de resultaten lyfter hur lärare på olika sätt kan stödja eleverna i deras lärande inom dessa delar. Kreativitet och motivation lyfts fram i flera av studierna. Det framkommer att det kan finnas en spänning mellan å ena sidan stöttning och styrning, och å den andra att eleverna själva ska få analysera olika alternativa lösningar på ett visst problem.

I vissa studier har fokus varit på de delar som traditionellt beskrivs som de tidiga stegen i teknikutvecklingsprocessen, vilka motsvarar identifiering av behov och undersökning i Lgr22. I studierna beskrivs att undervisningen är upplagd på ett sätt som lägger vikt vid att formulera vad problemet är, och innefattar att eleverna gör egna undersökningar. Undersökningarna kan till exempel handla om att söka information, göra experiment och mätningar eller att göra undersökningar bland målgruppen för att lära mer om vilka behoven är.

I de studier som specifikt diskuterar olika aspekter av visualiseringar i undervisningen undersöker forskarna de senare faser som i Lgr22 handlar om förslag till lösningar och konstruktion. I resultaten förekommer skisser, ritningar och modeller i de olika undervisningsuppläggen. De förekommer i olika delar av processen och kan fungera som verktyg i ett iterativt arbetssätt. Dessutom fungerar de som visuella referenser vid både egna reflektioner och tillsammans med andra. Lärare kan behöva stödja eleverna att utnyttja potentialen i att använda ritningarna och planeringar i arbetet och inte vilja skynda till att bygga.

Även materialets betydelse för elevernas lärande lyfts i studierna. Elevernas engagemang med materialet och kroppsliga erfarenheter blir ett lärande, till exempel att med hjälp av sin kropp hitta relationen mellan balans och vikt.

Digitala verktyg förekommer inte i någon hög utsträckning i resultaten men det nämns att digitala verktyg kan möjliggöra mer detaljerade ritningar medan att rita för hand möjliggör snabba skisser och fler alternativa förslag. Just att de analoga och digitala arbetssätten kan ha olika funktioner har lyfts även i andra sammanhang (se t.ex. Lane, 2017). De inkluderade studierna tyder på att det kan vara bra att inte ta kunskaper eller förmågor för givna i utformningen av en teknikutvecklingsuppgift. Det kan handla om förmågan att rita tillräckligt bra för att kunna få fram en bra skiss eller att söka information på ett effektivt sätt. Sådana förmågor kan behöva förstärkas innan de sätts i handling inom ramen för teknikutvecklingsprocess. Likaså kan det vara tidskrävande att lära sig ny digital programvara.

4.3 Några aspekter som inte fångas i översikten

Flera studier rapporterar som ett resultat en positiv bild av vad eleverna kan åstadkomma under arbetet med teknikutveckling. En svårighet med att tolka de resultaten är att forskarna inte sällan är själva involverade i undervisningen på olika sätt, antingen direkt eller till exempel genom kompetensutveckling av lärarna som deltar i studien. Det är likaså svårt att dra slutsatser kring själva lärandet på sikt hos eleverna eftersom det finns relativt lite om det i studierna. Majoriteten av studierna är av det slaget att de på olika sätt följer och dokumenterar elevernas arbete i klassrummet. Resultaten om lärande handlar med andra ord om det lärande som på olika sätt visas under undervisningen eller i nära anslutning till undervisningen genom till exempel intervjuer. Vi skulle gärna se studier som även undersökte elevernas lärande över en längre tidsperiod.

En begränsning i analysen av studierna har varit att urvalet i dem i många fall har varit liknande. Ofta har det handlat om lärare som deltagit i kompetensutveckling eller på annat sätt varit engagerade i själva ämnet. Dessutom kännetecknas urvalet av elever av en underrepresentation av elever som upplever svårigheter i skolan. Vi ser ett behov att studera elever som upplever svårigheter i sitt lärande i och om teknikutvecklingsprocessen. Det hade även varit önskvärt med en tydligare diskussion av själva kontextens och den aktuella elevgruppens betydelse, exempelvis utifrån kön.

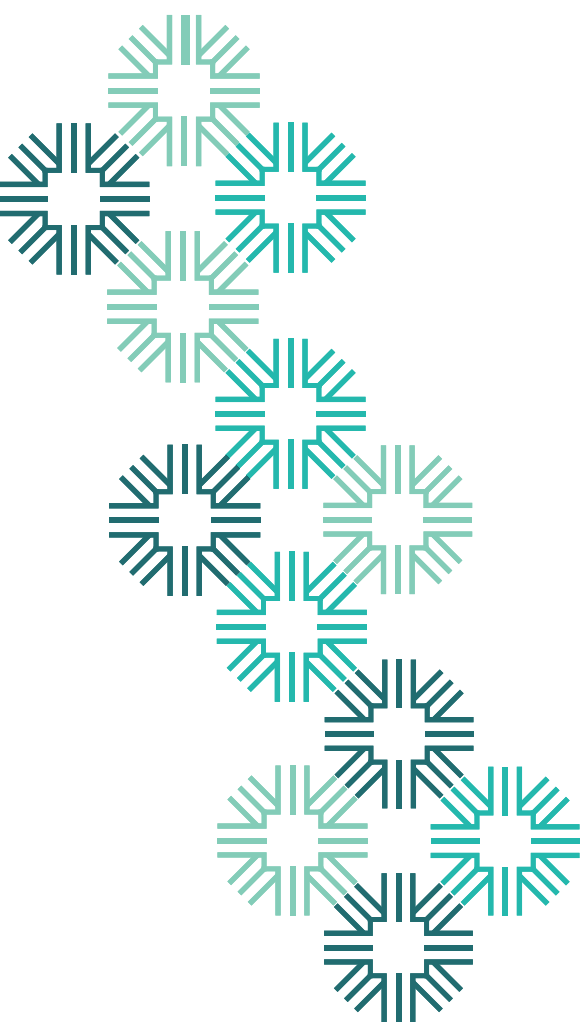
Även om kunskaper i andra ämnen såsom matematik och naturvetenskapliga ämnen

berörs i studiernas finns det inga studier i underlaget som har studerat ämnesövergripande projekt med deltagande lärare från olika ämnen.

Några av studierna har tävlingsmoment inbakat i undervisningen. Vi hade gärna sett en analys av själva tävlandets eventuella påverkan på elevernas deltagande och lärande. Andra områden som skulle kunna studeras ytterligare är bedömning och relationen mellan bedömning och elevernas lärande samt elevers motivation.

I flertalet studier har eleverna fått arbeta i mindre grupp med uppgifterna och det framkommer en stor variation i hur väl det fungerar i de olika grupperna. Vi hade gärna sett forskning som analyserade hur enskilda elever tar sig an teknikutvecklingsprojekt på egen hand samt hur lärandet ser ut i jämförelse med när de får arbeta i mindre grupper.





5. Metod och genomförande

I det här kapitlet redogör vi för de metoder som vi har använt för att söka, granska, analysera och sammanställa den forskning som utgör översiktens underlag. Vi har utgått från metoder för systematiska översikter och några principer för dessa kommer kopplas till de val vi har gjort (se t.ex. Gough m.fl., 2017).

Projektgruppen består av medarbetare vid Skolforskningsinstitutet och två externa forskare som har kompetens inom teknikdidaktik. De interna har rollerna forskare/projektledare, forskare/biträdande projektledare, informationsspecialist och projektassistent.

Arbetet har följt metodologiska principer för en systematisk översikt, och det har varit en tydlig arbetsfördelning under arbetet. Informationsspecialisten har genomfört litteratursökningarna och ansvarat för referenshanteringen samt de bibliotek (i Rayyan och End-Note) där de olika stegen i processen har hanterats. De två externa forskarna och projektledaren har relevans- och kvalitetsgranskat studierna som fångades i huvudsökningen. Projektledaren och biträdande projektledaren granskade studierna från uppdateringssökningen i dialog med de externa forskarna. Syntes- och rapportskrivande har gjorts av projektledaren i samråd med projektgruppen. Projektassistenten har ansvarat för att rekvirera och ladda upp studier i fulltext för vidare granskning.

Granskning av översikten har gjorts av ytterligare två externa forskare samt två lärare.

5.1 Behovsinventering och förstudie

Skolforskningsinstitutet bedriver ett kontinuerligt arbete med att identifiera områden där det finns ett behov av ny och ökad kunskap. Det handlar om att bland annat bevaka forskningsfältet och vad som händer generellt inom skolan genom olika rapporter och kontakt med verksamma. I materialet från behovsinventeringen har det framkommit att teknikämnet är ett ämne där det finns ett behov av en systematisk översikt.

I en förstudie utreddes området vidare för att undersöka förutsättningarna för att sammanställa forskning i en systematisk översikt. Även slutsatser från en workshop som hade hållits inom ett nätverk för tekniklärare om vilka områden man önskade mer kunskap om, rapporterades där. Med förstudien som underlag beslutade Skolforskningsnämnden, myndighetens beslutsorgan för vilka systematiska översikter som ska genomföras, att en översikt inom ämnet teknik skulle genomföras.

5.2 Frågeställning

I en systematisk översikt är frågeställningen central och beslutas om tidigt i processen. Det är frågeställningen som bestämmer ramarna för litteratursökningen och för urvalskriterierna (Gough & Thomas, 2017). Utgångspunkten för projektgruppen har varit att ha en frågeställning som är praktikinära och relevant för målgruppen, främst lärare.

Teknikutvecklingsprocessen valdes dels för att det är ett centralt innehåll i teknikämnet i Sverige, dels för att vi visste från provsökningen att det skulle finnas studier också internationellt som handlade om teknikutvecklingsprocessen i en kontext som tillräckligt liknade den svenska undervisningen i teknik.

5.3 Urvalskriterier

Tydliga inklusionskriterier är nödvändigt för att kunna avgränsa litteratursökningen och för att avgöra vilka studier som ska ingå i översikten. Inklusionskriterierna ska motsvara översiktens frågeställning.

Med tanke på att teknikutvecklingsprocessen undervisas om i alla stadier i Sverige, och att det inte finns en given progression som man följer internationellt, valde vi att inkludera studier från förskoleklass upp till gymnasieskolan. Den studerade undervisningen skulle likna ordinarie undervisning så mycket som möjligt. Det innebär att det till exempel gick bra att eleverna var på studiebesök på museum om det var en del av den ordinarie undervisningen. Vidare bedömde vi det som tillräckligt likt ordinarie undervisning när forskarna var med i klassrummet eller att undervisningen var en del av ett större kompetensutvecklingsprogram.

Urvalskriterier handlar också om att specificera vilken typ av studier som ska exkluderas. Ett exempel är att vi valde att inte titta på läromedelsforskning, däremot kommer material och utrustning samt exempelvis övningsböcker in i våra studier som en del av den undervisning som har undersökts.

Själva studieobjektet i studierna skulle vara undervisning om teknikutvecklingsprocessen, vilket innebar att bland annat studier om elevers attityder till ämnet exkluderades. Undervisningen skulle innehålla teknikutvecklingsprocessen och inte handla allmänt om teknik. Lärandemålen skulle vidare tydligt handla om teknikutvecklingsprocessen och fick endast till mindre del ha andra lärandemål som exempelvis fysik eller berättarförmåga.

Studierna skulle vara empiriska studier av undervisning och skulle därmed kunna inkludera olika forskningsingångar av både teoretiskt och metodologiskt slag.

Till sist fanns några tekniska avgränsningar. Studierna skulle till exempel vara publicerade i referentgranskade tidskrifter eller bestå av nordiska avhandlingar. Publiceringsspråk skulle vara engelska eller något skandinaviskt språk.

För att en studie ska ingå i översikten behöver alla inklusionskriterier vara uppfyllda.

TABELL 3. Urvalskriterier

AVGRÄNSNING	INKLUDERA	EXKLUDERA
ÅRSKURSER OCH SKOLSAMMANHANG	F–9 och gymnasieskola (K–12). Ordinarie undervisning inom skola (forskare kan vara med i undervisningen).	Förskola, vuxenutbildning, fritidshem. Särskola/anpassad grundskola. Fritids- och lovaktiviteter. Yrkesutbildning/yrkesprogrammen. K–12-studier där majoriteten barn är i motsvarande förskoleålder.
UNDERVISNINGS-INNEHÅLL	Teknikutvecklingsprocessen (delar eller hela). Ex.vis idé-generering, skisser, ritningar (t.ex. CAD), prototyper, modeller, reflektion, dokumentation, presentation, analys, utvärdering.	IKT, digitala verktyg. Teknikhistoria. Ämnet är teknik men inte specifikt teknikutvecklingsprocessen.
LÄRANDEMÅL	Teknikutvecklingsprocessen. Lärandet beskrivs av forskare, lärare eller genom dokumentation som prov.	Lärandemål som tydligt hör till andra ämnen som matematik eller naturvetenskapliga ämnen. Programmering.
STUDIEOBJEKT	Teknikundervisning om teknikutvecklingsprocessen i relation till elevers lärande i och om teknik.	Attitydstudier (inkluderar studier av intresse av eller inställning till ett ämne). Lärares eller lärarstudenters kompetens eller -utveckling, inställning, förtrogenhet, självförtroende osv. Läroplaner, kursplaner. Ämnesintegrering av ämnena i STEM. Validering av testinstrument.
TYP AV STUDIE	Empiriska studier med primärdata.	Endast teori. Översikter.
TEKNISKA AVGRÄNSNINGAR	Publicerat 2003 och framåt. Publiceringsspråk engelska, svenska, danska eller norska. Peer-review granskade tidskriftsartiklar. Nordiska doktorsavhandlingar.	Publicerat före 2003. Konferensbidrag, antologibidrag, kurslitteratur osv.

5.4 Litteratursökning

Arbetet med en systematisk översikt kännetecknas av omfattande sökningar som syftar till att på ett systematiskt sätt fånga litteratur som är relevant för översiktens frågeställning. I den här översikten utformade vi sökstrategin med utgångspunkt i översiktens frågeställning, urvalskriterier samt med hänsyn till de databaser vi utförde sökningarna i. Ambitionen var att fånga så många studier som möjligt som kunde vara relevanta för översiktens frågeställning. Sökningar gjordes i flera internationella databaser och nordiska databaser. Tabell 4 visar de databaser som använts.

TABELL 4. Tabell över litteratursökningen

KÄLLA	ÄMNESOMRÅDE	SÖKTEKNIK
Internationella vetenskapliga databaser		
ERIC	Utbildning	Blocksökning/söksträng
Education Source	Utbildning	Blocksökning/söksträng
PsycINFO	Psykologi och pedagogik	Blocksökning/söksträng
Scopus	Ämnesövergripande	Blocksökning/söksträng
Nordiska vetenskapliga databaser		
SwePub (Sverige)	Ämnesövergripande	Blocksökning/söksträng
JUULI (Finland)	Ämnesövergripande	Blocksökning/söksträng
Oria.no (Norge)	Ämnesövergripande	Blocksökning/söksträng
Det Kgl. Bibliotek (Danmark)	Ämnesövergripande	Blocksökning/söksträng

I många databaser kan en sökning göras med hjälp av så kallad söksträng som formuleras genom att kombinera olika block med sökord, där sökorden inom ett block syftar till att beskriva ett eller flera urvalskriterier eller en del av frågeställningen. Vi skapade tre sökblock: Teknikundervisning (block A), Teknikutvecklingsprocessen (block B) och Skolsammanhang (block C). Till varje sökblock identifierade vi flera relevanta sökord som samlades in genom bland annat testsökningar och med hjälp av projektets externa forskare. Sökningen fångade artiklar där minst ett ord från varje sökblock fanns med i antingen artikelns titel, sammanfattning eller ämnesord. Exempel på sökord som användes är: technology education, engineering education, technology and design, design process, technical solution, student, pupil, teach, learning, instruction.

De engelska sökorden kompletterades i de skandinaviska databaserna med svenska, danska och norska begrepp och söksträngarna anpassades utifrån databasernas olika utformningar och konstruktioner.

De huvudsakliga litteratursökningarna genomfördes i augusti 2023 och genererade totalt 5 525 unika träffar efter att dubletter tagits bort. För att fånga studier som publicerats efter augusti 2023 gjordes en uppdateringssökning i juli 2024. Uppdateringssökningen gjordes i två

databaser, ERIC och Education Source, eftersom de bedömdes innehålla alla potentiellt relevanta studier. Uppdateringssökningen resulterade i 472 unika studier som tillkommit sedan huvudsökningen gjordes, varav tre inkluderades i översikten.

För en detaljerad beskrivning av sökstrategin, inklusive vilka källor, sökord och begränsningar som använts, se bilaga 1.

5.5 Relevans- och kvalitetsgranskning

Systematiska översikter karakteriseras av att urvalet av studier ska ske på ett systematiskt sätt både i relation till relevans för frågeställningen och till kvaliteten på studierna (Gough & Thomas, 2017; Munthe m.fl., 2022). Resultatet från huvudsökningen granskades i flera steg. I första steget gick projektledaren och informationsspecialisten igenom alla studiers abstract och exkluderade de studier som uppenbart inte uppfyllde inkluderingskriterierna. I ett andra steg granskade de två externa forskarna abstracts, oberoende av varandra. Studier som en av forskarna valde att inkludera gick vidare till nästa granskning. Även när abstracts inte innehöll tillräcklig information för ett avgörande inkluderades de. I ett tredje steg togs fulltexter fram och de externa forskarna granskade återigen oberoende av varandra. På ett följande möte diskuterades de studier där de externa forskarna inte var eniga. Här deltog projektledaren som en tredje läsare i diskussionerna. De studier som var kvar efter sista relevansgranskningssteget gick vidare för att bedömas på vetenskaplig kvalitet. Granskningen av studierna från uppdateringssökningen gjordes av projektledare och biträdande projektledare och stämdes av med de externa forskarna.

I kvalitetsgranskningen har vi fokuserat särskilt på att bedöma validiteten och reliabiliteten hos de enskilda studiernas resultat. För att bedömningen ska vara konsekvent inom projektgruppen användes ett bedömningsstöd från Skolforskningsinstitutet, se bilaga 2. De externa forskarna läste hälften av studierna var och projektledaren läste alla studier. Därigenom blev det två läsare av varje studie i kvalitetsgranskningen. Alla studier diskuterades vid ett projektmöte där utgångspunkten var att det ska råda konsensus för att en studie ska exkluderas.

Syftet med kvalitetsgranskningen är att säkerställa att de resultat som används för att besvara frågeställningen är tillförlitliga. Varje studie har bedömts utifrån de ramar som dess valda metod ställer, och utifrån anspråken som dess forskningsfrågor ställer. En studie med kvalitativ metod som studerar interaktionen mellan elever under ett grupparbete bör tydligt kunna visa hur empirin har tagits fram, hur den har analyserats och kunna ge övertygande exempel från empirin hur analysen har gjorts. Vidare bör resultat och slutsatser inte gå utöver det som den aktuella empirin och analysmetoden medger. I studier som använt sig av kvantitativ metod och utvärderat eller jämfört arbetssätt har vi bedömt att det bör finnas en kontrollgrupp i studien. I bästa fall finns en tydlig beskrivning av de olika gruppernas utgångsvärden men det har i flera fall varit svårt att uttyda dessa. Där det inte uppenbart blir skevheter har vi valt att inkludera dessa studier, men är försiktiga i tolkningen av resultaten.

I kvalitetsgranskningen har vi även noterat om studien beskriver hur forskarna har arbetat med etiska aspekter, till exempel på vilka sätt de har inhämtat samtycke till deltagande i studien

eller om forskningsprojektet har genomgått etikprövning. I många fall har det inte framkommit något om de etiska aspekterna, men vi har valt att ändå inkludera dessa studier. Vi tycker oss se att det över tid går åt rätt håll vad gäller att tydligt beskriva hur man arbetat med de etiska aspekterna.

De externa forskarna har inte deltagit i granskning av antingen egna studier eller studier vars författare de är jäviga gentemot. Projektledaren har trätt in i de fall någon av de externa forskarna varit jävig i relation till en studie. I ett fall är en av forskarna medförfattare till en studie. I det fallet har både relevans- och kvalitetsgranskning gjorts av forskare/projektledare vid Skolforskningsinstitutet som inte ingår i projektgruppen.

5.6 Data- och resultatextraktion

Data- och resultatextraktion innebär att ta fram och analysera relevanta resultat från de studier som inkluderats efter kvalitetsgranskning. Arbetet delades upp mellan deltagarna i projektgruppen. I en tabell sammanställde projektledaren och biträdande projektledare information om bland annat i vilket land studien genomfördes, deltagare och studiedesign. De externa forskarna sammanfattade och beskrev de enskilda studiernas resultat utifrån frågeställningen och relaterade resultaten till en svensk kontext. Genomgående har särskilda anteckningar förts om eventuella särskilda omständigheter i studierna. Det kan handla om att urvalet ser ut på visst sätt eller att en viss begreppsapparat har använts i studien. Ett exempel är att vi har noterat om de deltagande lärarna i studierna har deltagit i olika kompetensutvecklingsinsatser eller fortbildning innan eller i samband med att studien har genomförts. Det hör samman med att teknikutvecklingsprocessen är ett relativt nytt ämnesinnehåll i bland annat USA och att det därför har genomförts fortbildning inom just det ämnesområdet.

Vi har försökt att vara försiktiga i tolkningarna av resultaten och tagit i beaktande att lärarna eventuellt har varit mer intresserade och engagerade än vad som hade varit fallet om de inte hade haft möjlighet till fortbildning. Det är dock ett generellt problem inom forskningen att det kan vara svårt att studera undervisning med lärare som inte är motiverade. De lärare som inte har så hög motivation väljer sällan att delta i forskningsstudier av det här slaget (se t.ex. Desimone, 2009).

Även urvalet av elever som studerats har noterats särskilt. I några studier beskrivs att lärarna har fått välja vilka elever som ska delta och då har valt elever som de bedömer ligger bra till i ämnet. Likaså beskrivs i vissa fall att elever som bedömts kunna känna sig bekväma med att prata inför kamera har valts ut, om forskningsupplägget exempelvis innebär att de ska prata om vad de gör. I de fallen finns dock en risk att urvalet inte inkluderar elever som är mindre verbala eller kanske har lägre kunskaper i ämnet. I vissa studier är det även explicit att det är högpresterande elever som har deltagit i studien. Sammantaget är bedömningen att starka elever är överrepresenterade i underlaget för översikten. Urvalet är ibland skevt vad gäller könsfördelning, beroende på hur lärarna väljer ut elever eller vilka som anmäler sig som frivilliga. I ett par studier går eleverna på flickskolor. I vissa studier är det en brist att eventuella konsekvenser av en skev könsfördelning inte problematiseras i resultaten. I vår analys av

de enskilda studierna har vi tagit i beaktande hur urvalet av elever har sett ut, och eventuella konsekvenser det medför.

Särskilda omständigheter av det här slaget har varit en viktig faktor när vi bedömt den externa validiteten av studiernas resultat, alltså i vilken mån resultaten kan bedömas gälla även i andra situationer (se t.ex. Cartwright & Morgan, 2011; Findley m.fl., 2021).

5.7 Sammanställning av resultat och slutsatser

I en systematisk översikt är målet att i en syntes integrera resultat från flera studier, alltså att ge en samlad bild som kan säga mer än de enskilda studierna. Projektledaren har genomfört syntesarbetet och rapportskrivande i samråd med projektgruppen.

Det finns olika sätt att arbeta fram en syntes och vilket sätt som är mest lämpligt hänger samman med översiktens frågeställning (Gough m.fl., 2017). Eftersom vår frågeställning inte är avgränsad till resultat av antingen kvantitativ eller kvalitativ karaktär ingår studier som har analyserat empiriska data av båda slag. Efter relevans- och kvalitetsgranskning hade vi ett underlag med studier med olika slags forskningsansatser. Bland de inkluderade studierna finns förutom renodlade kvantitativa och kvalitativa studier även sådana som använder mixed methods, som alltså har både kvantitativ och kvalitativ empiri.¹⁰ Det finns till exempel studier som har kodat transkriberat material och gjort en tolkande analys av interaktionen mellan lärare och elev, men även studerat frekvensen av vissa aspekter i elevernas projektarbeten.

Resultaten som är sammanställda kommer från både kvalitativa och kvantitativa studier. Syntesen är således en form av mixed methods-syntes. Inom en sådan syntes kan man välja att antingen göra en segregerad eller en integrerad analys av underlaget. Vår frågeställning kan besvaras med både kvantitativa och kvalitativa studier och vi har därför valt en integrerad analys. Väljer man att göra en integrerad analys behöver resultaten översättas föra att kunna analyseras och syntetiseras tillsammans. Det betyder att kvantitativa översätts till kvalitativa eller tvärtom (Gough & Thomas, 2017; Lizarondo m.fl., 2022). Vi har valt att översätta de kvantitativa resultaten till kvalitativa. De kvantitativa studierna undersöker olika slags insatser och kan inte sammanvägas kvantitativt, och vi förlorar därmed inget på att översätta dem till kvalitativa termer.

Översättningen av de kvantitativa resultaten görs genom att de beskrivs i text för att därefter ingå som ett underlag tillsammans med resultaten från de kvalitativa studierna. I de studier som använder mixed methods görs denna översättning på de kvantitativa delarna.

Det finns olika perspektiv på hur kvalitativa studier kan syntetiseras och vad syftet då är. Flemming och Noyes beskriver en ansats där kvalitativa resultat syntetiseras i syftet att nå ”ny kumulativ kunskap” [vår översättning] (Flemming & Noyes, 2021, s. 2). Vad gäller synteser generellt inom forskningsfältet systematiska översikter har en uppdelning mellan en aggregerande och konfigurativ synteslogik kommit att bli vanligt förekommande. En statistisk metaanalys är ett exempel på en aggregerad synteslogik. Konfigurativ synteslogik återfinns

¹⁰ Vi gör här ingen distinktion mellan de studier som uttryckligen skriver att de utgår från en ansats med mixed methods utan behandlar de studierna tillsammans med de studier som har med antingen kvantitativa eller kvalitativa resultat som komplement.

tydligast i översikter med syfte att syntetisera kvalitativa studiers resultat genom att jämföra, hitta skillnader och likheter och på så sätt nå kunskap utöver de enskildas studiernas resultat. Dock innehåller de flesta översikter element av båda synteslogiker även om en av dem är den dominerande (Campbell m.fl., 2012; France m.fl., 2019; Gough & Thomas, 2017; Gough m.fl., 2019; Noblit & Hare, 1987; Sandelowski & Barroso, 2007; Seers, 2015). Den här översikten innehåller både aggregerande och konfigurerande element. Genom att sammanställa många studier som individuellt ofta har ett litet urval och där forskarna själva menar att det inte går att generalisera resultaten, menar vi att vi får en mer tillförlitlig bild av undervisningen och lärandet än vad en enskild studie ger. Därmed finns en aggregativ logik i översiktens syntes. Samtidigt finns en övergripande ambition att ha ett heterogent underlag i form av olika typer av studier för att kunna göra jämförelser och kontrastera studierna mot varandra i linje med en konfiguratív ansats.

Vi har valt att behandla de kvantitativa studierna tillsammans med de kvalitativa. Inledningsvis kategoriserade vi studierna utifrån huvudsakligt fokus, alltså vad man har undersökt i studierna. Därefter har vi gjort en tematisk analys av studierna där vi grupperat dem efter teman av mer analytiskt slag med huvudtema och sekundärt tema. Utifrån dessa teman har vi gruppvis arbetat med studiernas resultat och gått tillbaka till studierna samt använt oss av de externa forskarnas underlag från resultatextraktionen. Inom de olika grupperna av studier har vi särskilt analyserat hur resultaten kopplar till varandra och eventuella motsägelser i resultaten. Eftersom det är ett iterativt arbete har även nya teman tillkommit i analysen och studier har flyttats mellan olika tematiska uppdelningar. Alla studier lades in i NVivo för att enklare kunna jämföra till exempel begreppsanvändning mellan studierna.

Resultat som används från studierna är de som är relevanta för vår översikts frågeställning och i förlängningen för vår målgrupp. Det kan finnas andra resultat i en studie som vi väljer att inte ta upp, det kan till exempel handla om själva forskningsmetoden eller kopplingar till andra länders kursplaner.

När en studie har en tydlig teoretisk ingång som påverkar tolkningen av resultaten redovisar vi för transparensens skull den kort för att belysa att studiens fokus och metod är genomförd inom en viss teoretisk ram. Vi märkte att ett flertal studier använde sig av perspektiv som på olika sätt belyser kommunikation och interaktion, främst sociokulturell teori. Det innebär att det kan finnas en viss slagsida i vad som har undersökts i studierna och att det kan finnas viktiga aspekter för undervisningen som ännu inte har beforskats.

Vi har där det är relevant beskrivit metodologiska överväganden i relation till resultaten, men det mesta av de beaktandena har skett under kvalitetsgranskningen.

Det har funnits utmaningar under syntesarbetet. En sådan har varit att studierna är relativt heterogena och i de fall de har ett specifikt fokus är de ofta ensamma om just det fokuset. Många av studierna har en relativt deskriptiv ansats och spänner över många aspekter av undervisningen. Det har gjort att det inledningsvis inte alltid varit självklart hur studierna ska grupperas och att det har funnits risk för överlappning. En annan utmaning har varit att ta hänsyn till kontextuella faktorer. Till exempel är sex studier del av samma stora forskningsprojektet i Australien. I projektet undersöks tre olika skolor under olika tidpunkter. Studierna

är således inte överlappande, men de har stora likheter med varandra vad gäller elevunderlaget och även forskningssyfte. En risk med att ha flera studier från samma större forskningsprojekt är att de kan få för stor vikt i relation till andra studier vilket vi haft i åtanke i syntesarbetet. För att undvika att de ska få oproportionerligt utrymme i resultatkapitlet har vi valt att delvis behandla dem tillsammans.

5.8 Översiktens begränsningar

Som i alla översikter är vi beroende av vad som faktiskt har studerats och som har fångats i våra sökningar. Trots en omfattande sökning och en bred frågeställning kan det finnas relevanta aspekter som inte har fångats av oss, eller som inte har forskats på inom teknikämnet. Men vi fokuserar här på utmaningar i studierna som vi inkluderade.

En aspekt som vi inte förutsåg var att det i flera studier fanns problematiska aspekter med urvalet. Framför allt handlade det om att elever som valdes ut för att observeras och dokumenteras gjorde det på basis av att de låg bra till i ämnet och att de var orädda för att prata. Med andra ord är det sällan hela klasser som har studerats utan det gjordes ett urval där elever som arbetade tillsammans med ett grupparbete studerades mer på djupet. Det finns således ett behov av forskning som studerar undervisning där urvalet av elever är mer heterogent. Det finns sådana exempel också bland våra studier men det skulle behövas mer sådan forskning.

Likasa finns det flera exempel på att lärare blir utvalda – och därmed deras klasser – som har visat särskilt intresse, deltagit i kompetensutveckling eller kanske känner forskarna. Det finns med andra ord en risk att studierna inte i tillräcklig grad har fångat olika typer av undervisningssituationer, exempelvis där eleverna inte kommer vidare i sitt arbete eller där läraren har svårt att få eleverna att arbeta med uppgiften så som det var tänkt. Dessutom är forskarna ibland med i klassrummet vilket kan göra att engagemanget hos både lärare och elever ökar. I vissa fall har forskarna varit med och tagit fram undervisningsmaterial.

Vidare skulle det vara önskvärt med en större variation av forskningsstudier och fler studier som analyserar och utvärderar elevernas lärande utifrån olika arbetssätt i undervisningen. Dessa skulle kunna komplettera det flertal kvalitativa studier som finns om bland annat kommunikativa aspekter i undervisningen.



Referenser

Ankiewicz, P. (2019). Perceptions and attitudes of pupils towards technology: In search of a rigorous theoretical framework. *International journal of technology and design education*, 29, s. 37–56.

Berland, L., Steingut, R., & Ko, P. (2014). High school student perceptions of the utility of the engineering design process: Creating opportunities to engage in engineering practices and apply math and science content. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), s. 705–720.

Berland, L. K., Martin, T. H., Ko, P., Peacock, S. B., Rudolph, J. J., & Golubski, C. (2013). Student learning in challenge-based engineering curricula. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 3(1), s. 53–64.

Bevan, B. (2017). The promise and the promises of making in science education. *Studies in science education*, 53(1), s. 75–103.

Björkholm, E. (2015). Unpacking the object of learning. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 4(3), s. 194–208.

Björkholm, E. (2018). Sammanfogning av material i eget konstruktionsarbete: Kunnskap och elevuppgifter i tidig teknikundervisning. *Forskning om undervisning och lärande*, 6(2), s. 5–22.

Blom, N., Haupt, G., & Fraser, W. (2018). Naïve designers' information use during the design process in a low-resource classroom. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(6), s. 2563–2586.

Blomdahl, E. (2007). *Teknik i skolan: En studie av teknikundervisning för yngre skolbarn*. [Doktorsavhandling]. Höskoleförlaget vid Lärarhögskolan i Stockholm.

Bowen, B. D., Deluca, V. W., & Franzen, M. M. S. (2016). Measuring how the degree of content knowledge determines performance outcomes in an engineering design-based simulation environment for middle school students. *Computers and Education*, 92, s. 117–124.

Campbell, R., Pound, P., Morgan, M., Daker-White, G., Britten, N., Pill, R., Yardley, L., Pope, C., & Donovan, J. (2012). Evaluating meta ethnography: Systematic analysis and synthesis of qualitative research. *Health Technology Assessment*, 15(43).

Cartwright, N., & Morgan, G. (2011). Evidence, external validity and explanatory relevance. I G. J. Morgan (red), *Philosophy of science matters: The philosophy of Peter Achinstein*, s. 15–28.

Cederqvist, A.-M. (2022). Designing and coding with BBC micro:bit to solve a real-world

task – a challenging movement between contexts. *Education and Information Technologies*, s. 1–35.

CETIS. (2022). *Teknikutvecklings- och konstruktionsarbete: Ett CETIS-dokument om teknikundervisningens ”röda trådar”*.

Chang, Y.-S. (2022). Influence of Virtual Reality on Engineering Design Creativity. *Educational Studies*, 48(3), s. 341–357.

Citrohn, B., Stolpe, K., & Svensson, M. (2023). The use of models and modelling in design projects in three different technology classrooms. *International journal of technology and design education*, 33(1), s. 63–90.

Cunningham, C. M., & Kelly, G. J. (2017). Framing engineering practices in elementary school classrooms. *International Journal of Engineering Education*, 33(1), s. 295–307.

Dailey, D., Cotabish, A., & Jackson, N. (2018). Increasing early opportunities in engineering for advanced learners in elementary classrooms: A review of recent literature. *Journal for the Education of the Gifted*, 41(1), s. 93–105.

Dalvi, T., & Wendell, K. (2024). Epistemic conflict and sensemaking in elementary students' navigation of an engineering design task. *Science Education*, 108(4), s. 1051–1071.

Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational researcher*, 38(3), s. 181–199.

DiGironimo, N. (2011). What is technology? Investigating student conceptions about the nature of technology. *International Journal of Science Education*, 33(10), s. 1337–1352.

Douglas, K. A., Moore, T. J., Johnston, A., a, C., & Merzdorf, H. E. (2018). Informed designers? Students' reflections on their engineering design process. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(4), s. 443–459.

Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), s. 103–120.

Eliasson, S., Peterson, L., & Lantz-Andersson, A. (2023). A systematic literature review of empirical research on technology education in early childhood education. *International journal of technology and design education*, 33(3), s. 793–818.

Elvstrand, H., Hallström, J., & Hellberg, K. (2018). Vad är teknik? Pedagogers uppfattningar om och erfarenheter av teknik och teknikundervisning i förskolan. *Nordic Studies in Science Education*, 14(1), s. 37–53.

English, L. D. (2019). Learning while designing in a fourth-grade integrated STEM problem. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(5), 1011–1032.

English, L., Hudson, P., & Dawes, L. (2012). Engineering design processes in seventh-grade

classrooms: Bridging the engineering education gap. *European Journal of Engineering Education*, 37(5), s. 436–447.

English, L. D., Hudson, P., & Dawes, L. (2013). Engineering-based problem solving in the middle school: Design and construction with simple machines. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 3(2), s. 1–13.

English, L. D., & King, D. (2017). Engineering education with fourth-grade students: Introducing design-based problem solving. *International Journal of Engineering Education*, 33(1), s. 346–360.

English, L. D., King, D., & Smeed, J. (2017). Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings. *Journal of Educational Research*, 110(3), s. 255–271.

English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(1), s. 1–18.

Findley, M. G., Kikuta, K., & Denly, M. (2021). External validity. *Annual Review of Political Science*, 24(1), s. 365–393.

Flemming, K., & Noyes, J. (2021). Qualitative evidence synthesis: Where are we at? *International Journal of Qualitative Methods*, 20, s. 1609406921993276.

France, E. F., Uny, I., Ring, N., Turley, R. L., Maxwell, M., Duncan, E. A. S., Jepson, R. G., Roberts, R. J., & Noyes, J. (2019). A methodological systematic review of meta-ethnography conduct to articulate the complex analytical phases. *BMC Medical Research Methodology*, 19(1), s. 1–18.

Garneli, V., Giannakos, M. N., & Chorianopoulos, K. (2015). Computing education in K–12 schools: A review of the literature. 2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), s. 543–551

Gillespie Rouse, A., & Rouse, R. (2019). Third graders' use of writing to facilitate learning of engineering concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(10), s. 1406–1430.

Goffman, E. (1986). *Frame analysis: An essay on the organization of experience*. Northeastern Univ. Press.

Gomoll, A., Šabanović, S., Tolar, E., Hmelo-Silver, C. E., Francisco, M., & Lawlor, O. (2018a). Between the social and the technical: Negotiation of human-centered robotics design in a middle school classroom. *International Journal of Social Robotics*, 10(3), s. 309–324.

Gomoll, A., Tolar, E., Hmelo-Silver, C. E., & Šabanović, S. (2018b). Designing human-centered robots: The role of constructive failure. *Thinking Skills & Creativity*, 30, s. 90–102.

Gough, D., Oliver, S., & Thomas, J. (2017). *An introduction to systematic reviews*. Sage.

- Gough, D., & Thomas, J. (2017). Commonality and Diversity in Reviews. I D. Gough, S. Oliver, & J. Thomas (red.), *An Introduction to Systematic Reviews*, s. 43–70. Sage.
- Gough, D., Thomas, J., & Oliver, S. (2019). Clarifying differences between reviews within evidence ecosystems. *Systematic Reviews*, 8(1), s. 1–15.
- Gustafson, B. J., & MacDonald, D. (2004). Talk as a tool for thinking: Using professional discourse practices to frame children's design-technology talk. *Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology Education*, 4(3), s. 331–351.
- Hagberg, J.-E., & Hultén, M. (2005). *Skolans undervisning och elevers lärande i teknik: Svensk forskning i internationell kontext*. Vetenskapsrådet.
- Hallström, J., Hultén, M., & Lövhelm, D. (2014). The study of technology as a field of knowledge in general education: Historical insights and methodological considerations from a Swedish case study, 1842–2010. *International journal of technology and design education*, 24, s. 121–139.
- Hertel, J. D., Cunningham, C. M., & Kelly, G. J. (2017). The roles of engineering notebooks in shaping elementary engineering student discourse and practice. *International Journal of Science Education*, 39(9), s. 1194–1217.
- Håkansson, A. (2024). "Utmaningen är det låga intresset för teknik och naturvetenskap". *Dagens Samhälle*. Hämtad från <https://www.dagenssamhalle.se/opinion/debatt/utmaningen-ar-det-laga-intresset-for-teknik-och-naturvetenskap/>
- Impedovo, M. A., Andreucci, C., & Ginestié, J. (2017). Mediation of artefacts, tools and technical objects: An international and French perspective. *International journal of technology and design education*, 27, s. 19–30.
- IVA. (2024). "Det är ju inte allmänbildning direkt": 10–15-åringars syn på naturvetenskap och teknik.
- Jackson, A., Godwin, A., Bartholomew, S., & Mentzer, N. (2022). Learning from failure: A systematized review. *International journal of technology and design education*, 32(3), s. 1853–1873.
- Johansson, M., & Sandström, M. (2022). *Undervisa i teknik: För lärare i grundskolan*. Gleerups.
- Jordan, M., & Babrow, A. (2013). Communication in creative collaborations: The challenges of uncertainty and desire related to task, identity, and relational goals. *Communication Education*, 62(2), s. 210–232.
- Jung, K. G., & McFadden, J. (2018). Student justifications in engineering design descriptions: Examining authority and legitimation. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(4), s. 398–423.
- Kaur, N., & Dasgupta, C. (2024). Investigating the interplay of epistemological and positional

framing during collaborative uncertainty management. *Journal of the Learning Sciences*, 33(1), s. 80–124.

Kelley, T., Capobianco, B., & Kaluf, K. (2015). Concurrent think-aloud protocols to assess elementary design students. *International Journal of Technology & Design Education*, 25(4), s. 521–540.

Kim, M., & Roth, W.-M. (2016). Beyond agency: Sources of knowing and learning in children's science- and technology-related problem solving. *Cultural Studies of Science Education*, 11(4), s. 1081–1101.

Laisney, P., & Brandt-Pomares, P. (2015). Role of graphics tools in the learning design process. *International journal of technology and design education*, 25(1), s. 100–119.

Lane, D. (2017). Drawing and sketching: Understanding the complexity of paper-pencil interactions within technology education. I *Encyclopedia of Earth Sciences Series*, s. 1–18.

Lind, J., Pelger, S., & Jakobsson, A. (2022). Students' knowledge of emerging technology and sustainability through a design activity in technology education. *International Journal of Technology & Design Education*, 32(1), s. 243–266.

Lindahl, B. (2003). *Lust att lära naturvetenskap och teknik?: en longitudinell studie om vägen till gymnasiet*.

Lippard, C. N., Lamm, M. H., & Riley, K. L. (2017). Engineering thinking in prekindergarten children: A systematic literature review. *Journal of Engineering Education*, 106(3), s. 454–474.

Lizarondo, L., Stern, C., Apostolo, J., Carrier, J., de Borges, K., Godfrey, C., Kirkpatrick, P., Pollock, D., Rieger, K., Salmond, S., Vandyk, A., & Loveday, H. (2022). Five common pitfalls in mixed methods systematic reviews: Lessons learned. *J Clin Epidemiol*, 148, s. 178–183.

Lo, M. L., & Johansson, I. (2014). *Variationsteori: För bättre undervisning och lärande*. Studentlitteratur.

MacDonald, D., Gustafson, B. J., & Gentilini, S. (2007). Enhancing children's drawing in design technology planning and making. *Research in science & technological education*, 25(1), s. 59–75.

Marks, J., & Chase, C. C. (2019). Impact of a prototyping intervention on middle school students' iterative practices and reactions to failure. *Journal of Engineering Education*, 108(4), s. 547–573.

McCormick, M. E., & Hammer, D. (2016). Stable beginnings in engineering design. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 6(1), s. 45–54.

McFadden, J., & Roehrig, G. (2019). Engineering design in the elementary science classroom: Supporting student discourse during an engineering design challenge. *International journal of technology and design education*, 29(2), s. 231–262.

- Morales-Chicas, J., Castillo, M., Bernal, I., Ramos, P., & Guzman, B. L. (2019). Computing with relevance and purpose: A review of culturally relevant education in computing. *International Journal of Multicultural Education*, 21(1), s. 125–155.
- Munthe, E., Bergene, A. C., Braak, D. t., Furenes, M. I., Gilje, T. M., Keles, S., Ruud, E., & Wollscheid, S. (2022). Systematisk kunnskapsoppsummering utdanningssektoren. *Norsk pedagogisk tidsskrift*, 106(2), s. 131–144.
- Noblit, G. W., & Hare, R. D. (1987). *Meta-ethnography: Synthesizing qualitative studies*. Sage.
- Nordlöf, C. (2024). Teknikutveckling: Perspektiv på hur läraren kan forma undervisning. I A. Larsson, , C. Nordlöf, J. Bernhard och J. Hallström (red), *Från teori till teknikundervisning*, s. 135–146. Linköping University Electronic Press.
- Nordlöf, C., Norstrom, P., Höst, G., & Hallström, J. (2022). Towards a three-part heuristic framework for technology education [article]. *International journal of technology and design education*, 32(3), s. 1583–1604.
- Norman, D. A. (1998). *The design of everyday things*. MIT.
- Pleasants, J., & Sartin, K. (2024). Supporting informed engineering practices in the elementary classroom: Examining teachers' approaches to scaffolding. *International journal of technology and design education*, 34(2), s. 531–562.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in science education*, 50(1), s. 85–129.
- Ramey, K. E., Stevens, R., & Uttal, D. H. (2020). In-FUSE-ing STEAM Learning with spatial reasoning: Distributed spatial sensemaking in school-based making activities. *Journal of Educational Psychology*, 112(3), 466–493.
- Sandelowski, M., & Barroso, J. (2007). *Handbook for synthesizing qualitative research*. Springer.
- Seers, K. (2015). Qualitative systematic reviews: Their importance for our understanding of research relevant to pain. *Br J Pain*, 9(1), s. 36–40.
- Selcen Guzey, S., & Aranda, M. (2017). Student participation in engineering practices and discourse: An exploratory case study. *Journal of Engineering Education*, 106(4), s. 586–606.
- Skinner, R. K., & Harlow, D. B. (2022). Recognition of design failure by fourth-grade students during an engineering design challenge. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 12(2), s. 187–206.
- Skolinspektionen. (2014). *Teknik – gör det osynliga synligt: Om kvaliteten i grundskolans teknikundervisning*.
- Skolverket. (2022a). Kommentarmaterial till kursplanen i teknik: Grundskolan.

- Skolverket. (2022b). *Lgr22*.
- Skolverket. (2023). *Pedagogisk personal i skola och vuxenutbildning: Läsåret 2022/23*.
- Skolverket. (2024a). *Kommentarmaterial till ämnesplanen i teknik på gymnasial nivå*.
- Skolverket. (2024b). *Ämne – Teknik: Gäller från 1 juli 2025*.
- Skolverket. (2025). *Timplan för grundskolan*.
- Sultan, U. (2024). *In whose eyes am I technical?: Exploring the 'problem' of the (non)technical girl* (Publication Number 125) [Doktorsavhandling]. Linköpings universitet.
- Sultan, U., Axell, C., & Hallström, J. (2019). Girls' engagement with technology education: A scoping review of the literature. *Design and Technology Education*, 24(2).
- Sultan, U. N., Axell, C., & Hallström, J. (2020). Technical or not? Investigating the self-image of girls aged 9 to 12 when participating in primary technology education. *Design and Technology Education: An International Journal*, 25(2), s. 175–191.
- Säljö, R. (2014). *Lärande i praktiken: Ett sociokulturellt perspektiv*. Studentlitteratur.
- Teknikföretagen & CETIS. (2022). *Teknik – skolans viktigaste ämne: Teknikföretagens och CETIS rapport om teknikundervisningen i grundskolan 2022*.
- Vossen, T. E., Tigelaar, E. H., Henze, I., De Vries, M. J., & Van Driel, J. H. (2020). Student and teacher perceptions of the functions of research in the context of a design-oriented STEM module. *International journal of technology and design education*, 30(4), s. 657–686.
- de Vries, M. J. (2005). *Teaching about technology: An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers*. Springer.
- Wendell, K. B., Andrews, C. J., & Paugh, P. (2019). Supporting knowledge construction in elementary engineering design. *Science Education*, 103(4), s. 952–978.
- Wendell, K. B., Wright, C. G., & Paugh, P. (2017). Reflective decision-making in elementary students' engineering design. *Journal of Engineering Education*, 106(3), 357–397.
- Wikberg Nilsson, Å., Ericson, Å., & Törlind, P. (2021). *Design: Process och metod*. Studentlitteratur.
- Wright, C. G., Wendell, K. B., & Paugh, P. P. (2018). "Just put it together to make no commotion": Re-imagining urban elementary students' participation in engineering design practices. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(3), s. 285–301.



Tidigare utgivning

Klassrumsdialog i matematikundervisningen – matematiska samtal i helklass i grundskolan. Systematisk översikt 2017:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984382-6-0.

Digitala lärresurser i matematikundervisningen. Delrapport skola. Systematisk översikt 2017:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984382-8-4.

Digitala lärresurser i matematikundervisningen. Delrapport förskola. Systematisk översikt 2017:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984382-9-1.

Feedback i skrivundervisningen. Systematisk översikt 2018:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984382-2-1.

Språk- och kunskapsutvecklande undervisning i det flerspråkiga klassrummet – med fokus naturvetenskap. Systematisk översikt 2018:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984383-4-5.

Att genom lek stödja och stimulera barns sociala förmågor – undervisning i förskolan. Systematisk översikt 2019:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984383-6-9.

Läsförståelse och undervisning om lässtrategier. Systematisk översikt 2019:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984383-8-3.

Individanpassad vuxenutbildning – med fokus på digitala verktyg. Systematisk översikt 2019:03. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985316-0-2.

Laborationer i naturvetenskapsundervisningen. Systematisk översikt 2020:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985316-2-6.

En tillgänglig lärmiljö för alla i ämnet idrott och hälsa – med fokus på socialt samspel. Systematisk översikt 2020:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985316-4-0.

Kritiskt tänkande och källkritik – undervisning i samhällskunskap. Systematisk översikt 2020:03. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985316-6-4.

Undersöka, utforska och lära naturvetenskap – undervisning i förskolan. Systematisk översikt 2021:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985316-8-8.

Främja studiero i klassrummet – lärares ledarskap. Systematisk forskningssammanställning 2021:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985317-0-1.

Meningsfull fritid, utveckling och lärande i fritidshem. Systematisk forskningssammanställning 2021:03. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985317-7-0.

Samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll – en kartläggning av undervisningsmöjligheter. Systematisk forskningssammanställning 2022:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985317-4-9.

Läxor och likvärdiga förutsättningar för lärande – lärares arbetssätt inför, under och efter läxan. Systematisk forskningssammanställning 2022:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985317-7-0.

Att lära demokrati – med fokus på lärares arbetssätt i undervisningen. Systematisk forskningssammanställning 2022:03. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985317-9-4.

Att stödja elevers lärande i musik – undervisning i grund- och gymnasieskolan. Systematisk forskningssammanställning 2023:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988223-0-4.

Historisk förståelse – undervisning i historia på högstadiet och i gymnasieskolan. Systematisk forskningssammanställning 2023:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988223-2-8.

Aktivt jämställdhetsarbete i undervisningen. Systematisk forskningssammanställning 2024:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988223-4-2.

Främja skrivkunskaper i de allra tidigaste skolorna. Systematisk forskningssammanställning 2024:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988223-6-6.

Muntlig kommunikation i moderna språk – lärares undervisning. Systematisk forskningssammanställning 2024:03. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988223-8-0.



