



Oliver Thiel, Joel Josephson, and Piedade Vaz Rebelo

Automata for STEM

Step for step Læreveiledning



AutoSTEM

AutoSTEM / 2018-1-PT01-KA201-047499

The project AutoSTEM has been funded with support from the European Commission. This document reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



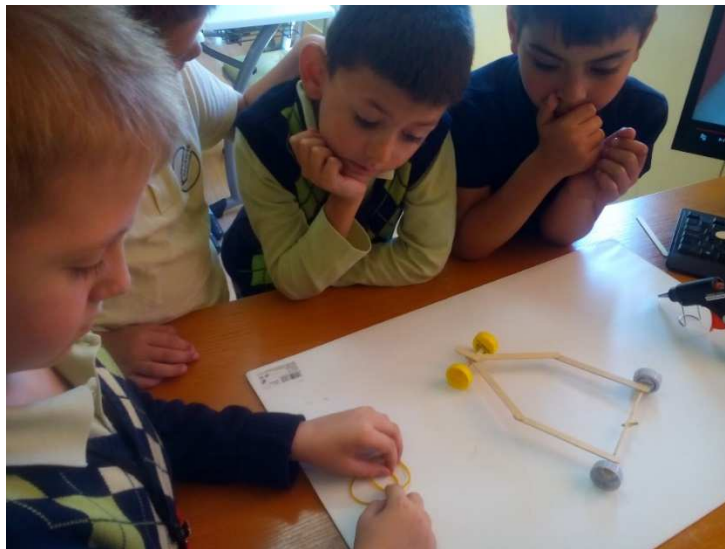
1 Innledning

AutoSTEM er et prosjekt som skal undersøke hvordan mekaniske leker kan berike barns lek og på denne måten legge et grunnlag for både erfaringer og kunnskap i forståelsen av naturfag (naturvitenskap), teknologi, ingeniørfag og matematikk (forkortet til STEM på engelsk, «Science, Technology, Engineering, and Mathematics»).

Målet er å gi barnehagelærere og lærere på barneskolen noen verktøy og didaktisk materiell som gir en inngangsbillett til temaet, og som kan videreutvikles både av læreren og læreren i samspill med barna med hensyn til

- 1) å fremme motivasjon for realfag (STEM)
- 2) å fremme kreativ tenkning, problemløsning og forståelse,
- 3) kulturell bevissthet og universale verdier som resirkulering.

I dette dokumentet sier vi først noe om hva mekaniske leker og STEM er (kapittel 2). Deretter viser vi det teoretiske (kapittel 3) og pedagogiske rammeverket (kapittel 4). Tilslutt presenterer vi noen grunnleggende prinsipper for overføring av bevegelse og energi som er grunnlaget for å kunne lage alle typer mekaniske leker (kapittel 5).



Figur 1: Mekaniske leker fremmer kreativ tenkning og problemløsning

2 Mekaniske leker for realfag (STEM)

2.1 Læring med mekaniske leker

Mekaniske leker er fasinerende, de kan være små kinetiske kunstverk. De kan ses på som en sammenføyning av ingeniørkunst og kulturell bevissthet med et kunstnerisk uttrykk. Som andre manuelle artefakter, er de laget for å gi kommunikativt samspill med barn, og kan bli sett på som et «historiebærende mekanisk objekt». Mekaniske leker har fasinert barn til alle tider, og i dag finnes det museer for mekaniske leker.

Siden disse lekene tilbyr både narrative og mekaniske deler, gir de flere muligheter når de brukes som en del av pedagogikken. De er lette å lage i tilrettelagte aktiviteter, og er godt likt av mange barn. Både det å lage lekene og bruken av dem, kan tilpasses barnas alder fra enkle til mer komplekse design og bevegelser.

Barn som planlegger og setter sammen mekaniske leker, kan utvikle både ferdigheter og kompetanse i problemløsning, samarbeid og kreativitet i tillegg til at de utforsker realfag (STEM).

2.2 Realfag eller STEM?

I 1990-årene foreslo den US-amerikanske nasjonale vitenskapsstiftelsen akronymet STEM for innholdene fra fagene naturvitenskap, teknologi, ingeniørfag og matematikk (Sanders, 2009). I Norge er det vanlig å bruke ordet *realfag* (Broström & Frøkjær, 2016).

Det finnes ulike definisjoner for realfag (se figur 2). I mange nasjonale og internasjonale rapporter brukes realfag eller STEM og naturvitenskap om hverandre. I denne sammenhengen refererer naturvitenskap til fysikk, biologi, zoologi, kjemi, informatikk og teknologi og inkluderer områder fra matematikken som vanligvis blir undervist på barneskolen i de fleste europeiske land (European Commission, 2007, s. 5). Dette betyr at realfag dekker kunnskap fra alle de ulike fagområdene som dekkes av akronymet STEM (❶ i figur 2). På den andre siden kan realfag brukes til å dekke en flerfaglig tilnærming mellom noen av de fire fagområdene (❷ i figur 2). Til tider dekker det en fullstendig integrasjon av alle fire fagområder i utdanningen (❸ i figur 2, cf. Rosicka, 2016, s. 4). Da er tilnærmingen fullstendig tverrfaglig. Dette kan være en kilde til flertydighet, spesielt innen utdanning.



Figur 2: Ulike definisjoner av realfag

I **AutoSTEM**-prosjektet har vi en tverrfaglig tilnærming. Dette innebærer at barna erfarer flere områder fra realfagene samtidig og de har dermed mulighet til å oppdage forbindelser mellom de ulike fagene.

Det vil si at **AutoSTEM** ligger der naturfag, teknologi, ingeniørkunst og matematikk møtes.

Når realfagserfaringene plasseres i møtepunktet mellom naturfag, teknologi, ingeniørfag og matematikk opphører den tradisjonelle fagbundne tenkningen. En helhetlig realfagstilnærming innebærer tverrfaglighet og retter seg mot å utvikle barnas evne til å beskrive et problem og for deretter å løse det. I tillegg handler det om evnen til å se sammenhengen mellom hverdagsituasjoner og vitenskapelig tenkning og vitenskapelige prinsipper. Det er ikke forbindelsen til

realfagene som det løses opp i, men mer den tradisjonelle måten å tenke ett fag av gangen på (European Schoolnet, 2018, s. 6).

I Finland har de en mer holistisk tilnærming til realfag. Barna bruker undersøkelse og utforskning som metode, og slik lærer de å løse problemer og eventuelt reformulere dem, hvis den første løsningen de kommer fram til ikke er adekvat. Slik blir barna i stand til å være utforskende i egen læring (Geller, Neumann, Boone, & Fischer, 2014). Denne tilnærmingen krever lærere som er trent i å jobbe med problemløsningsgrupper i realfagsundervisning (Schleicher, red., 2012).

Læringserfaringer fra barnehagen og de tidlige årene på skolen har innvirkning på hvorvidt barna lykkes seinere i utdanningsløpet (se f. eks Campbell, Pungello, Miller-Johnson, Burchinal & Ramey, 2001; Hadzigeorgiou, 2002). Det finnes mye forskning på at matematiske erfaringer i barnehagealder predikerer at man lykkes seinere i utdanningsløpet, ikke bare med matematikk, men også i andre fag og med livet (Carmichael, MacDonald, & McFarland-Piazza, 2014; Duncan m.fl., 2007; Geary m.fl., 2013). Sjøl om det er mindre forskning på dette for alle realfagene, er det mye som tyder på at dette også stemmer for disse fagene. Gode erfaringer med realfag tidlig i utdanningsløpet, kan være en faktor som sørger for at barna lykkes med realfag og andre fag gjennom hele utdanningsløpet. Kravene til kompetanse i realfag øker i en verden som endrer seg raskere og hvor teknologiske framskritt er blitt kritisk for den menneskeskapte verdens overlevelse.



3 Teoretisk rammeverk

3.1 Lekbasert pedagogikk

I **AutoSTEM**-prosjektet tar vi utgangspunkt i relasjonell lekbasert pedagogikk (Hedges & Cooper, 2018) og en dynamisk tilnærming til læring (Broström, 2017). I følge Friedrich Föbel (1887, s. 57) som startet den første barnehagen, er lek det høyeste uttrykk for menneskelig virksomhet i barndommen, fordi det er det frieste uttrykket for hva som er i et barns sjel. Lev Vygotskij (1978, s. 102) understøttet dette da han uttrykte at i lek går et barn utover sin alder og sin daglige væren. Det innebærer at barna utforsker sin «nærmeste utviklingszone» (den proksimale utviklingssonen), men dette vil bare skje dersom omgivelsene utfordrer barna til å gå inn i slike utviklingsmønstre (Van der Veer & Valsiner, 1991). I denne sammenhengen har barnehagelærere en viktig rolle. Deres oppgave er å både utfordre og oppmuntre barna inn i nye forståelser, innsikt i sammenhenger og meningsdanning (Broström, 2017).

Denne tilnærmingen er barnesentrert, men ikke fullstendig barnestyrt. Barnesentret i denne sammenhengen er å tilby innsikt i fundamental kunnskap og ideer på en engasjerende og egnet måte, for å utvide barnas interesser med utgangspunkt i en lekbasert strategi som er innenfor barnas rekkevidde (Pyle & Danniels, 2017, s. 286). Lekbasert pedagogikk med sin metode «veiledet lek» er en middelvei mellom tilrettelagte aktiviteter og fri lek. Den forener utforskning og barnets autonomi med de beste delene av voksenstyrte aktiviteter (Weisberg et al., 2016, s. 177). Forskning har vist at veiledet lek kan hjelpe barn til en dypere innsikt i fundamentale ideer og kunnskap enn både forklaringer fra den voksne (Han m.fl., 2010; Stipek m.fl., 1995) eller fri lek i seg sjøl (Chien m.fl., 2010; Honomichl & Chen, 2012).

3.2 Veiledet lek

Det finnes to typer veiledet lek (Weisberg m.fl., 2016), og begge kan brukes knyttet til mekaniske leker.

- 1) Den ene formen tar utgangspunkt i barnas frilek. Den voksne observerer barnas lek og beriker leken ved hjelp av innspill. De kan oppmuntre barnas utforskning ved å stille spørsmål som

passer inn i leken, eller utvide det barna er interessert i ved å tilføre materiell eller tilføre nye momenter til historien som utspiller seg. For eksempel introduserer den voksne ballongbilen, etter å ha sett at barna er interessert i å leke med biler.

- 2) I den andre formen tar den voksne utgangspunkt i et læringsmål, og utvikler en aktivitet med utgangspunkt i det. I motsetning til en voksenstyrt tilnærming hvor det forklares, gir barnehagelæreren barna autonomi til å utforske temaet sjøl innenfor rammen som den voksne skaper. Eksempler på denne tilnærmingen i **AutoSTEM** er *kommer-alltid-tilbake-maskinen* og *lekemiljøet Elva Nilen*.

I begge tilnærmingene er den voksne en som kommenterer, leker med, stiller utvidende spørsmål eller demonstrer nye måter man kan bruke materialet på (Pyle & Danniels, 2017, s. 275). Det gjør hun eller han for å støtte læringsprosessen mens barna styrer sin egen læring innenfor den etablerte lekkonteksten (ibid.). Dette ivaretar at den lekbaserte læringen også er kontekstualisert læring.



Figur 3: Lek er det høyeste uttrykk for menneskelig virksomhet i barndommen



4 Den didaktiske filnærmingen

4.1 Steg for å implementere AutoSTEM

Et **AutoSTEM**-prosjekt har tre faser.

- 1) Barnehagelæreren observerer barna for å se hva som interesserer barna for øyeblikket. Etter observasjonene velger hun eller han en mekanisk leke som kan vekke nysgjerrigheten hos barna på bakgrunn av det som er observert.
- 2) I den neste fasen introduserer barnehagelæreren leken for barna. Dette kan gjøres på tre ulike måter.
 - a) Leken som presenteres har direkte tilknytning til barnas frilek (f. eks *øko-bilen*). Det inspirerer barna til å lage sin egen mekaniske leke. Under det praktiske arbeidet med å lage leken, bruker pedagogen støttende stillas og introduserer prinsipper fra realfagene som barna trenger for å få bygd leken.
 - b) Barnehagelæreren introduserer et lekemiljø (f. eks *Elva Nilen*) hvor en eller flere mekaniske leker kan benyttes. Barna utforsker og bruker leken, fatter interesse for den og får lyst til å lage en leke sjøl. Under arbeidet med å lage leken, bruker pedagogen støttende stillas og introduserer prinsipper fra realfagene som barna trenger for å få bygd leken, og som også kan knyttes til lekemiljøet.
 - c) Barnehagelæreren viser fram en mekanisk leke som har en overraskende bevegelse, men mekanismen er skjult (f. eks *kommer-alltid-tilbake-maskinen*). Denne mekanismen kan være for komplisert til at barna kan bygge den sjøl. Da går barna direkte til tredje fase.
- 3) I den tredje fasen leker barna med den mekaniske leken. Mens de gjør det utforsker, oppdager og erfarer de prinsipper fra realfagene. Noen barn kan bli inspirert til å utvikle sin egen mekaniske leke ved å tilpasse og endre prototypen.

4.2 Barnas aktiviteter

For å kunne lage en mekanisk leke går barna gjennom en rekke aktiviteter som gir dem kunnskap og ferdigheter som (1) å observere og analysere, (2) å prøve å forstå og finne ut av (3) å gjøre erfaringer med og konstruere, (4) å leke og (5) å reflektere

4.2.1 Observere og analysere en mekanisk leke

Man starter gjerne med å observere og analysere den mekaniske leken. Barna observerer bevegelsene og utforsker mekanismene i leken og oppdager og forstår etterhvert hvordan den fungerer.

4.2.2 Å konsipere sin egen leke

Før et barn kan lage sin egen mekaniske leke, må det finne ut hvordan akkurat hennes leke skal være. Dette starter med å finne ut hvilke materialer som skal brukes, hvilken farge som velges og hvor stor skal den være. Prosessen forsetter ved å lete etter og finne fram materialer som kan brukes (f. eks resirkulert materiell). Tilslutt må barnet planlegge mekanismene og konstruksjonsprosessen. Hvor mye av dette barnet kan gjøre og styre sjøl, er avhengig av barnets alder og modenhet.

4.2.3 Å erfare realfag ved å lage en mekanisk leke

Den mest engasjerende, motiverende og interessante delen av prosessen er å lage den mekaniske leken. Mens barna lager leken, erfarer de ulike prinsipper og ideer fra realfagene. Barnehagelæreren kan bygge et støttende stillas ved å rette barnets oppmerksomhet mot innhold relevant fra realfagene.

4.2.4 Å leke med den mekaniske leken

Å leke med leken er viktig i mange henseender. En motivasjon for å lage en leke, kan være ønsket om å leke med den etterpå. Som nevnt i innledningen, er lek «det høyeste uttrykk for menneskelig virksomhet i barndommen» (Fröbel, 1887, s. 57) og den fører til et høyere utviklingsnivå (Vygotskij, 1978, s. 102). Når et barn leker med en mekanisk leke, fylles den med mening for barnet. Barnet gir den en kontekst, og utforsker mulighetene i leken som egenskapene, bevegelsene, forholdet til omgivelsene og lekens historie. Konteksten kan være direkte knyttet til et lekemiljø eller en fortelling om leken, eller det kan være noe barnet fantaserer fram sjøl. Uansett hva som skjer, får barnet erfaringer med realfag på grunn av det



realfagsinnholdet leken står i kontekst til. Det å leke i seg sjøl er en av de seks fundamentale matematiske aktivitetene (Bishop, 1988, s. 183).

4.2.5 Å reflektere over prosessen

Når barna bruker leken i sine omgivelser, i samspill med lekemiljøet, historien og egen fantasi får de samtidig erfaringer med realfaglige prinsipper og ideer. Erfaringer alene fører ikke nødvendigvis til læring. Barn må også tilbys muligheter til å reflektere over sine erfaringer. Refleksjoner over tidligere erfaringer går over i læring og dypere innsikt. John Dewey (1933, s. 17) skrev at refleksjoner frigjør oss fra kun impulsivitet og aktiviteter som ren rutine. De omgjør handlinger som kun er instinktive, blinde og impulsive til intelligente handlinger og gir et individ økt makt og kontroll (ibid., s. 21).

4.3 Lærers rolle

4.3.1 Å finne barns nærmeste utviklingszone

Som nevnt tidligere i teksten (se steg 1 i kapittel 4.1), bør prosjekter i tidlig barndom ta utgangspunkt i barnas interesser og initiativer. Barnehagelærers utgangspunkt er derfor en observasjon av barna for å finne ut hva som kan fenge deres interesse, og hva slags kunnskap de kan ha om temaet. Dette handler om å finne barnas nærmeste utviklingszone.

4.3.2 Å velge mål for læringen

Man kan på verdensbasis si at det er to ulike tilnærminger til den delen av utdanningsløpet som omhandler tidlig barndom (OECD, 2006). I de nordiske og flere sentraleuropeiske land har man en sosialpedagogisk tilnærming. Den er barnesentrert og holistisk, og fokuserer på omsorg, lek, relasjoner, aktiviteter og utvikling. Barna er aktive i egen læring (agentperspektiv). I andre land finner vi et fokus på undervisning, læring, læreplaner, innhold og metoder, og det fokuseres på en framvoksende «literacy» og tallforståelse hos barna (Broström, 2017). Barnehagelærere som følger en læreplan for undervisning i tidlig barndom, må forholde seg til læringsmål for alle timer de underviser. Læreplaner innen den sosialpedagogiske tilnærmingen, uttrykker ikke læringsmål for barna. De har bare mål for barnehagelærere, f. eks sier den norske *Rammeplanen for*

barnehagen: «Barnehagen skal bidra til at barna [...] lager konstruksjoner av ulike materialer og utforsker muligheter som ligger i redskaper og teknologi» (Kunnskapsdepartementet, 2017, s. 52). Gunnestad (2019, s. 95-96) viser at slike mål er implisitt relatert til læringsmål for barna. Det vil si at også innenfor en sosialpedagogisk tradisjon, bør barnehagelærere formulere læringsmål for barn når de planlegger aktiviteter. For eksempel er målet «lager konstruksjoner av ulike materialer og utforsker muligheter som ligger i redskaper og teknologi» relatert til spesifikt innhold, som f. eks prosedyrekunnskap (Krathwohl, 2002). Fra **AutoSTEM** kan det for eksempel være at «barnet er i stand til å sette sammen en saksearm». Den samme aktiviteten kan være med på å utvikle kunnskap om fysiske prinsipper hos barnet, som f. eks at barnet forstår hva det vil si å strekke seg ut og trekke seg sammen.

4.3.3 Å planlegge aktiviteten

Som beskrevet tidligere (se kapittel 4.1), er det flere muligheter for hvordan man kan starte en **AutoSTEM**-aktivitet. Uavhengig av hvilken tilnærming man velger, må aktiviteten planlegges. Når leken skal lages, må barnehagelæreren velge en didaktisk tilnærming som er passende for barna, og som understøtter læringsmålene. Det er minst to anerkjente tilnærminger, læring gjennom utforskning eller undersøkelse («inquiry») og en mer voksenstyrt tilnærming der det forklares.

Når man bruker undersøkelse viser barnehagelæreren den mekaniske leken til barna. Barna kan se bevegelsene og lage hypoteser om hvordan disse bevegelsene oppstår. Derifra kan de teste sine hypoteser ved å lage sine egne konstruksjoner, som tilslutt gir de samme bevegelsene. En forutsetning for dette er at det å forstå mekanismene som gir bevegelsen, ligger i barnas nærmeste utviklingssone. Dette betyr at barna trenger å ha noen tidligere erfaringer og kunnskap med denne typen mekanikk.

For de yngste barna vil antakelig en mer voksenstyrt tilnærming der det forklares være en god tilnærming. Barnehagelæreren introduserer enkle elementer som kan skape bevegelser og veileder barna mot en montering av den mekaniske leken som har de ønskede bevegelsene. Gjennom veiledningene erfarer barna realfaglige prinsipper og ideer, som kan føre til utforskning som går i retning av læring gjennom undersøkelse (se kapittel 4.3.5).



4.3.4 Å være støttende stillas når leken lages

Uavhengig av hvilken didaktisk tilnærming som velges, må barnehagelæreren hjelpe barna mens de lager sin leke, både praktisk og intellektuelt. De ulike lekene krever ulik finmotorikk. De yngre barna trenger mer assistanse enn de eldre. Like viktig er det å hjelpe barna med refleksjonsarbeidet knyttet til realfagene, både mens de lager leken og etterpå. Det gjelder også prosessen i å finne mekanismen(e) som kan brukes for å realisere bevegelsene som man ønsker leken skal gjøre. Wood, Bruner, and Ross (1976) kaller dette å bygge et støttende stillas for barna. Å bygge et støttende stillas betyr å redusere valgene barnet har når hun eller han skal utføre en oppgave, slik at barnet kan konsentreres seg om det som er vanskelig i prosessen med å oppnå den nye ferdigheten som er i ferd med å tilegnes (Bruner, 1978, s. 19).

Bruner valgte uttrykke «støttende stillas» for å framheve at dette bare er en støttende ramme som barnet kan løse problemet innenfor. Det er et strukturert samspill mellom barnehagelæreren og barnet som hjelper barnet til å nå målene for aktiviteten nesten av seg sjøl. Målsettingen er at barnet utvikler seg videre, og begrepet er derfor nært knyttet til Vygotskijs nærmeste utviklingszone.

4.3.5 Å knytte prosessen til realfag eller andre fag

Alle de mekaniske lekene i **AutoSTEM** kan knyttes til læring av realfag, slik som matematikk, biologi eller fysikk. Noe kan relateres til konstruksjonsprosessen, noe til analysen av bevegelsesmekanismen og noe oppstår når barna leker med den ferdige leken. I tillegg kan noen av de mekaniske lekene knyttes til andre fagområder som f. eks litteratur eller fremmedspråk.

4.3.6 Å jobbe med et lekemiljø eller en fortelling

Som vist i steg 2b) i kapittel 4.1, kan mekaniske leker knyttes til et lekemiljø, eller til en fortelling. Barnehagelærere som velger en slik tilnærming, må velg et lekemiljø eller en fortelling som interesserer barna. I tillegg til at leken må passe inn i den valgte fortellingen eller lekemiljøet, må den også tilby det realfagsinnholdet som man ønsker å fokusere på. Forskjellen mellom lekemiljø og en fortelling er at et lekemiljø tilbyr en naturfaglig installasjon, mens en fortelling fortelles muntlig eller støttes i tillegg bilder.

Lekemiljøet kan forberedes av barnehagelæreren på forhånd, eller bygges opp i samspill sammen med barna. I det siste tilfellet, kan oppbyggingen av lekemiljøet ha utgangspunkt i en fortelling og veiledes av barnehagelæreren.

4.3.7 Å evaluere

Evaluering er en viktig del av alle typer prosjekter, og den bør gjerne skje fortløpende. Gjennom en prosjektperiode hører det med å spørre, «(hvor er vi?)», «(hvor burde vi være?)» og «(hvordan kan vi komme oss videre?)» (Lewis, 2000, s. 185). Evalueringen hjelper barnehagelæreren å holde følge med barnas læringsprosesser, og til å avgjøre når og om læringsmålene er nådd. For å samle inn dokumentasjon av læringsprosessen, kan barnehagelæreren bruke uformell observasjon og «Læringshistorier» (Carr & Lee, 2018). Når hun eller han observerer, tar barnehagelæreren bilder og skriver ned korte observasjoner. I etterkant, kan fortellingen som blir skapt om prosessen deles med barnet og barnets familie. Nøkkelementer i fortellingen om prosessen er barnehagelærerens tolkninger av barnets engasjement, intensjoner, relasjoner, kompetanser og evne til læring, som mot, nysgjerrighet og utholdenhet. Barn bør ses på som kompetente kommunikatorer og eksperter på eget liv. De lager mening og er sosiale aktører som er i øyeblikket, mer enn i det som kommer til å bli («beings», heller enn «becomings») (Clark & Moss, 2011, s. 6 og 8). En læringshistorie fokuserer på det som barna kan, mer enn hva de ikke kan.

I **AutoSTEM**-materiellet finnes det en observasjonsguide, en mal for gruppeintervju og et spørreskjema. Disse kan brukes for å samle materiale til evaluering av prosjekter. Mens **AutoSTEM**-prosjektet pågår, er vi takknemlige derom du deler materiell du samler inn med oss. Dette vil hjelpe oss til å utvikle vårt materiell videre.

4.4 Mekaniske leker er en tverrfaglig inngang til realfag

Mekaniske leker gir barn mulighet til å utforske prinsipper, ideer og ulike tema fra realfag. Vi har allerede fortalt i kapittel 2.2 at vi har fokus på en tverrfaglig tilnærming til realfag. Detaljert informasjon om realfagsinnholdet, kan man finne i materialet som er utarbeidet for hver mekaniske leke. I det som følger under gir vi en kort innføring av noe av innholdet. Lista er ikke komplett. Figur 5 gir en oversikt.



4.4.1 Teknologi

En definisjon på teknologi som ofte brukes er den sosiologen Read Bain (1937, s. 860) skrev: Teknologi inkluderer alle verktøy, maskiner, redskap, våpen, instrumenter, boliger, klær, kommunikasjon og transportmidler, samt ferdighetene vi har for å lage og bruke dem. Siden mekaniske leker er enkle maskiner (eller verktøy), så er de teknologi etter denne definisjonen. Barn lærer å lage slike enkle maskiner gjennom å drive med mekaniske leker.




4.4.2 Matematikk

En måte å gi struktur til det matematiske innholdet er å bruke Bishops seks fundamentale matematiske aktiviteter, som er lokalisering, design, telling, måling, forklaring og argumentasjon og lek (Bishop, 1988).

-  **Lokalisering:** Romlige relasjoner som venstre, høyre, foran, bak, oppe, ned, innsiden, utsiden osv og romlig tenkning som å visualisere hvordan delene vil passe sammen.
-  **Design:** Former som sirkel, trekant, rektangler, kvadrater, ... og deres egenskaper (rund, kantet, avlang, symmetri, hjørner, kant, ...)
-  **Telling:** Telle, å bruke objekter til å holde orden på antall, sammenlikne og ordne diskrete fenomener, samt å bruke tallord som f. eks fem trepinner, fire flaskekorker, tre sugerør, to grillpinner
-  **Måling:** bruk av ord som relaterer seg til måling som lang, kort, høy, lav, bred, smal, sammenlikne og ordne (lengre enn, kortere enn, like lang som, to ganger så lang som), bruk av vilkårlige måleenheter fra kroppen som fingerbredde, håndspenn, fot og bruk av standardisert måleverktøy som målebånd.
-  **Forklaring og argumentasjon:** Finne forklaringer på naturfaglige fenomener som «(hvorfor er hjul runde?)», «(hvordan kan en gummistrikk eller en ballong gi kraft til en bil?)», «(hvorfor strekker saksearma seg utover?)». Dette er ikke bare viktig i matematikk, men i all naturvitenskap.
-  **Lek:** Å lage modeller, regler, prosedyrer (oppskrifter), strategier, hypoteser og å forutsi hva som kan komme til å skje.

4.4.3 Naturfag (Naturvitenskap)




Biologi/zoologi

-  **The Jellybird:** Kroppsdelene til fugler, hvordan fugler flyr, formen på vingene, flokkdyr
-  **Den snakkende elefanten:** Kroppsdelene til elefanter, fysiske karakteristikk som huden og snabelen, bevegelsene, hva elefanter spiser
-  **Den snappende krokodillen (saksearm):** krokodiller, dinosaurer, flodhest, ...

Om **bærekraft** og **miljøvern** eller andre relevante tema fra biologien.

Fysikk

Mekaniske leker gir erfaringer med fysiske fenomener og prinsipper. Noen av lekene som *øko-bilen*, *vindturbinen* og *kommer-alltid-tilbake-maskinen*, ble laget med et fokus på et fysisk prinsipp.

-  **Energi:** gravitasjonell eller elastisk potensiell energi, bevegelsesenergi, termisk energi, arbeid, bevaring av energi
-  **Kraft:** arbeid utføres ved hjelp av en kraft, friksjon og vektstang
-  **Masse:** vekt, legemets tyngdepunkt, balansepunkt og gravitasjon

Geologi

Når man bruker lekemiljø kan et geografisk innhold komme fram.

4.4.4 Ingeniørfag

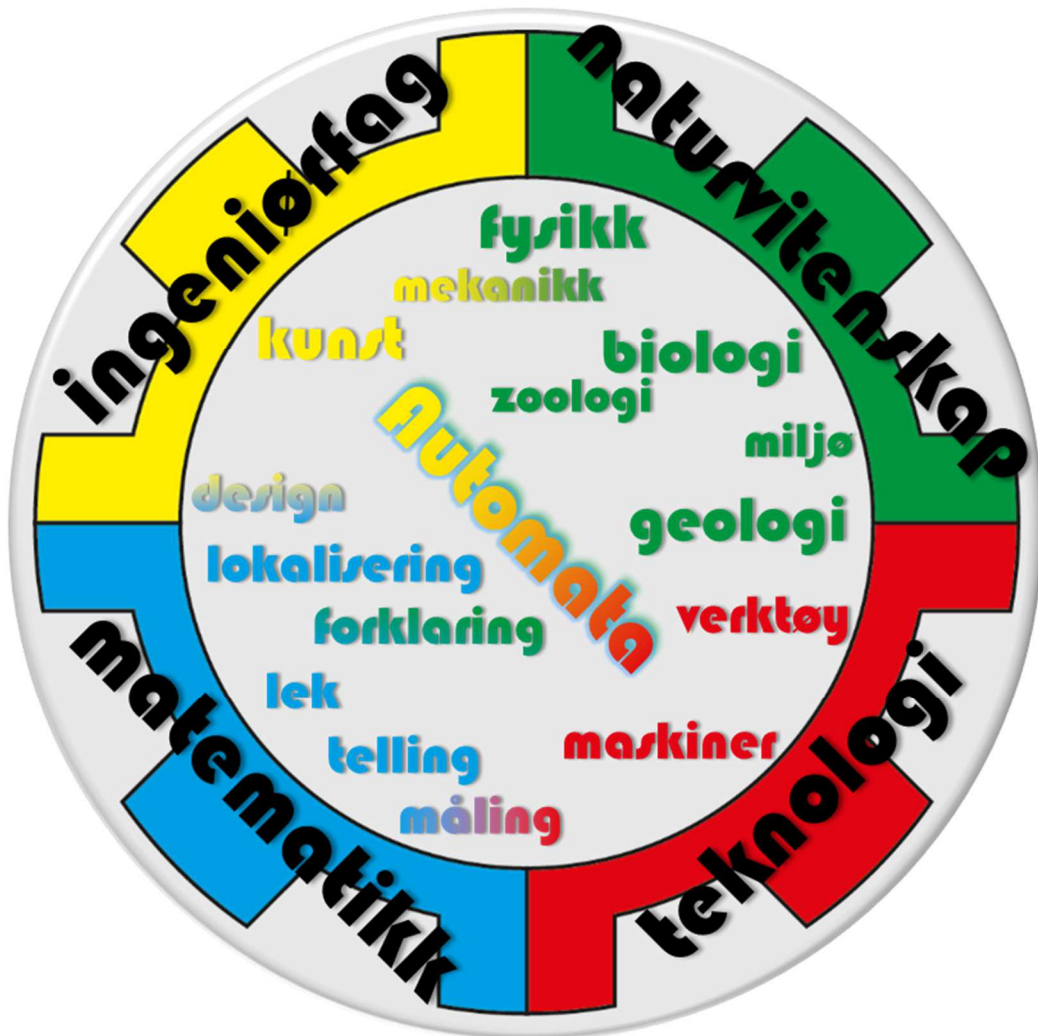
Ordet ingeniør kommer fra det latinske ordet 'INGENIUM' som betyr gave, talent, begavelse og dyktighet eller de latinske verbene 'INGENERE' eller 'INGENERARE', som betyr å fylle eller å inspirere. Organisasjonen Engineers' Council for Professional Development (1947) definerer ingeniørvitenskap som å bruke naturvitenskapelige prinsipper kreativt for å utvikle strukturer, maskiner, apparater eller bearbeidingsprosesser eller arbeidsmetoder og bruke dem enkeltvis eller i kombinasjon. Samt å konstruere eller bruke disse med full innsikt i design og oppbygning, eller å forutsi hvordan de vil virke under forskjellige bruksforhold, alt sett i forhold til tiltenkt funksjon, effektivitet og sikkerhet for mennesker og omgivelser.

Ingeniørvitenskap kan bli forstått som å bruke naturvitenskap og matematikk for å skape ny teknologi. Den ungarsk-amerikanske



matematikeren, fysikeren og ingeniøren Theodore von Kármán sa en gang at naturvitenskapsmenn studerer verden som den er, mens ingeniøren skaper den verdenen som aldri har vært. (American Society for Engineering Education, 1970, s. 467). Ingeniørvitenskap er derfor en praktisk forbindelse mellom alle realfag i tillegg til kreative fag (Bjerklie, 1998).

Når det gjelder mekaniske leker, er **mekanikk**, **kunst** og **design** de viktigste emnene.



Figur 4: Real fagstema og innhold

5 Mekaniske prinsipper for å lage mekaniske leker

Når man skal lage mekaniske leker kan man bruke ulike mekanismer og kraftkilder. I dette kapittelet presenterer vi noen fundamentale mekaniske grunnideer.

5.1 Mekanismer

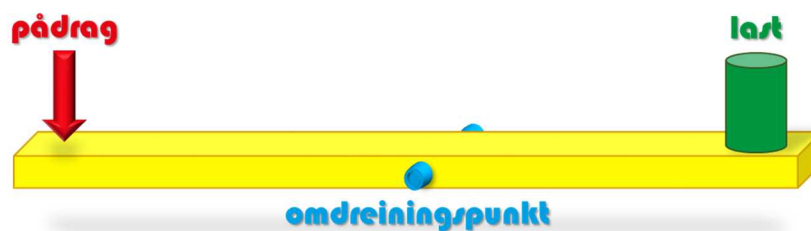
5.1.1 Vektstang

En **vektstang** er en enkel maskin, kanskje den enkleste av dem alle. Enkle maskiner trenger bare en kraft for å virke, og hverdagspråket kaller vi dem ofte verktøy. Den blir ofte brukt til å flytte (som regel løfte) et objekt (kalt last) fordi den reduserer kraften som må brukes. Arkimedes sa en gang «Gi meg en lang nok vektstang, og et omdreiningsspunkt å plassere den på, så skal jeg flytte verden» (Handley, Coon & Marshall, 2013, s. 76).

Enhver vektstang består av et stivt legeme (en bjelke eller en stang) som er opplagret i et omdreiningsspunkt, som den kan rotere om.

Med utgangspunkt i hvor omdreiningsspunktet, lasten og pådraget er plassert, kan man skille mellom tre typer vektstenger.

Figur 5 viser en **førsteklasse vektstang**. Det er en **toarmet vektstang**, siden omdreiningsspunktet er plassert mellom lasten og pådraget.



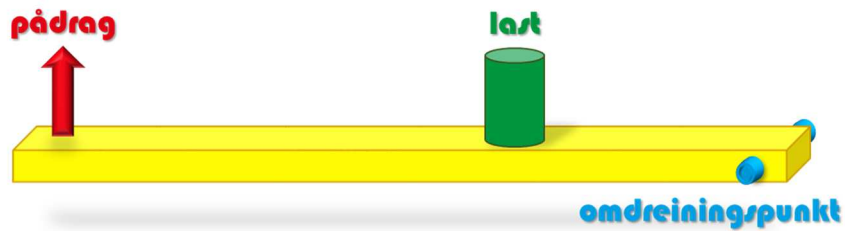
Figur 5: Førsteklasse vektstang

Vanligvis er det kortere avstand mellom omdreiningsspunktet og lasten, enn mellom omdreiningsspunktet og pådraget. Dette gjør at man kan flytte tyngre last med mindre kraft enn dersom man skulle flytte lasten direkte. Eksempler på dette er brekkjern, en åre og en saks. På en vippehuske kan vi justere avstanden på begge sider av omdreiningsspunktet for å balansere ulik vekt. For en klassisk balansevekt, er det viktig at avstanden på begge sider er lik fordi vi



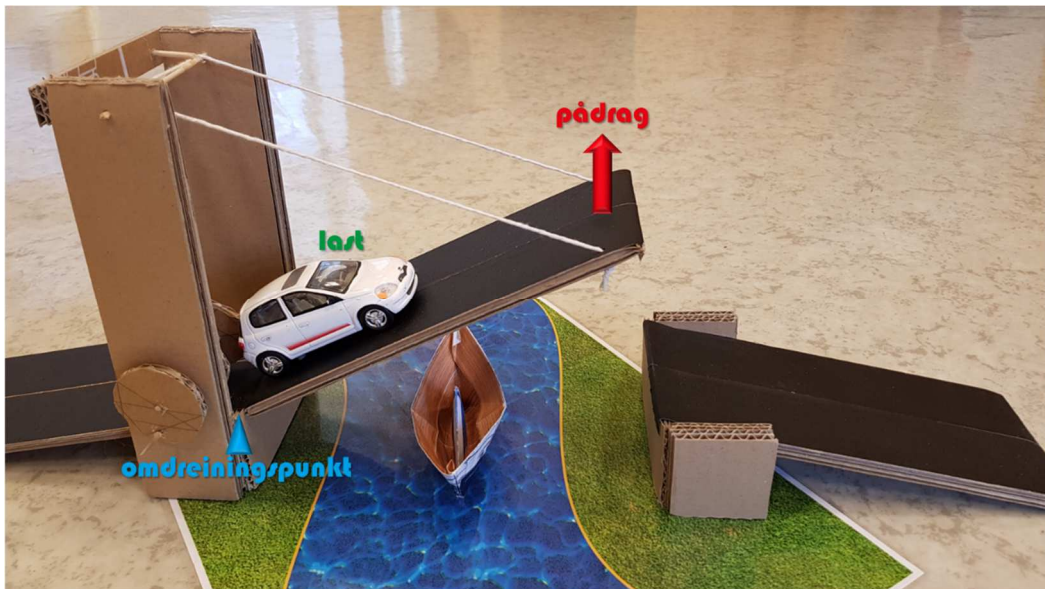
ønsker at pådrag (standard loddet vi bruker) skal være likt med lasten (det vi ønsker å veie, som vi ikke kjenner vekten av).

Figur 6 viser en **andreklasse vektstang**. Det er en **enarmet vektstang** siden den har lasten mellom pådraget og omdreiningspunktet.



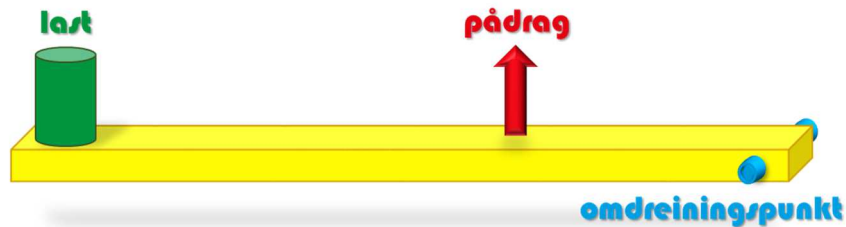
Figur 6: Andreklasse vektstang

Pådraget har lengere avstand fra omdreiningspunktet enn lasten. Derfor er kraften som trengs for å løfte lasten mindre enn vekten til lasten. Eksempler på dette er en trillebår, en nøttekneker, en flaskeåpner og vår Vindelbro, som er vist under.



Figur 7: En vindelbro

Figur 8 viser en **tredjeklasse vektstang**. Den er også enarmet, men her er pådraget mellom lasten og omdreiningpunktet.



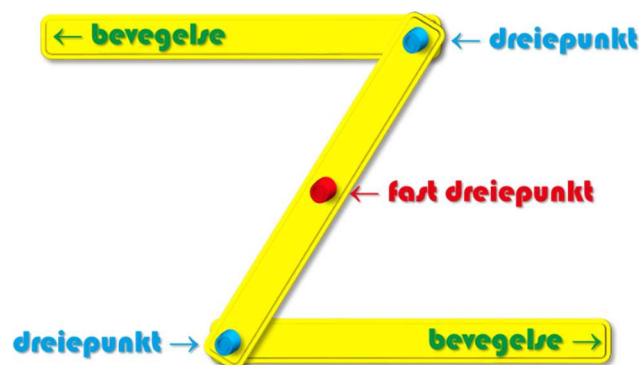
Figur 8: Tredjeklasse vektstang

Siden avstanden mellom lasten og omdreiningpunktet er større enn avstanden mellom pådraget og omdreiningpunktet, trenger man en større kraft til å flytte lasten. Målet med en tredjeklasse vektstang er ikke å bruke mindre kraft, men derimot å øke veien (og dermed hastigheten) på lasten.

5.1.2 Koplinger

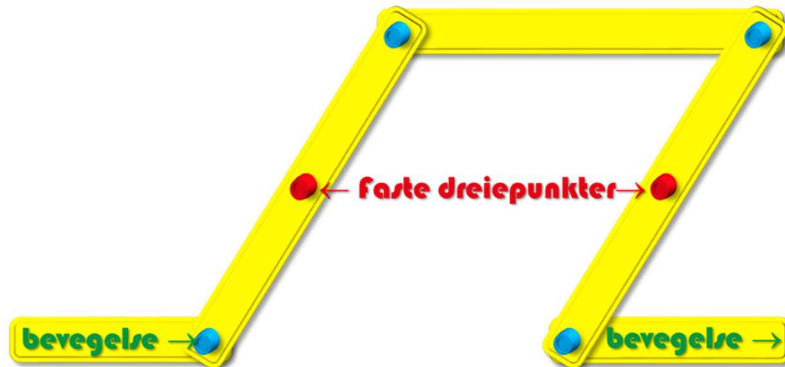
En koplring er et stivt element med et dreiepunkt i hver ende som kan koples til andre elementer. Koplringer blir brukt til å forbinde elementer sammen og til å overføre bevegelser fra ett sted til et annet. Det er flere typer koplringer.

Figur 9 viser en **koplring med motsatt bevegelse**. Hvis en koplring har et fast dreiepunkt i midten, vil den ene enden bevege seg i motsatt retning av den andre enden.



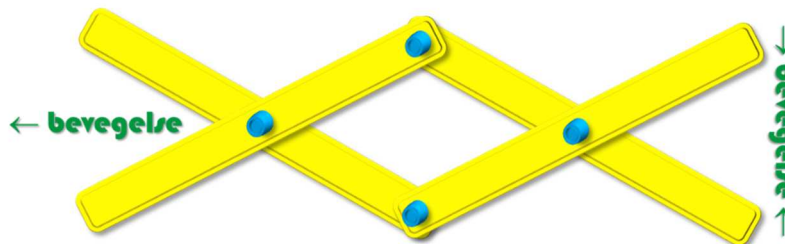
Figur 9: Koplring med motsatt bevegelse

Figur 10 viser en **koplring med parallelle bevegelser**. Hvis to koplringer har et fast dreiepunkt hver, og er koplet sammen med en koplring som vist i figuren, vil de alltid bevege seg parallelt til hverandre. Bevegelsen i det høyre staget har samme retning som i det venstre.



Figur 10: Kopling med parallelle bevegelser

Figur 11 viser **saksearmkoplingen**, som vi bruker i den snappende krokodillen. Den er en kombinasjon av motsatt bevegelse og parallell bevegelse kopling, men den har ingen faste dreiepunkter, bare bevegelige. Når du beveger de to stagene på den ene siden mot hverandre, vil endene på stagene på den andre siden bevege seg bort fra den siden du satte i bevegelse (arma strekker seg ut og krokodillen snapper).

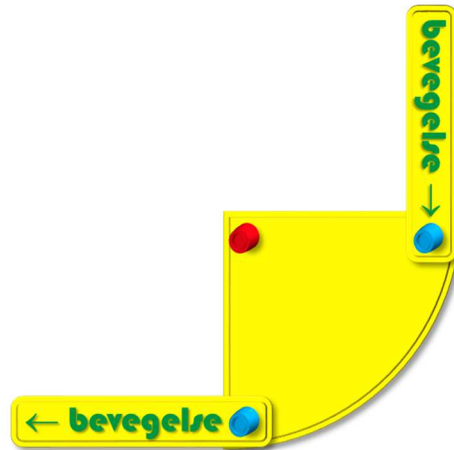


Figur 11: Saksearmkoplingen



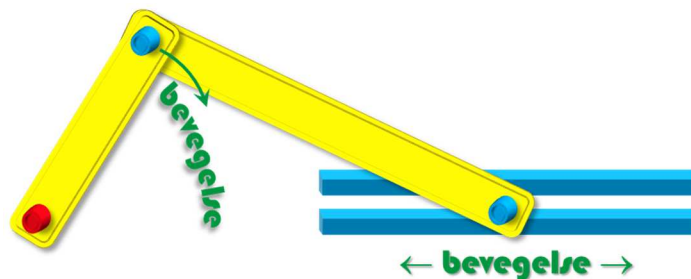
Figur 12: Ei saksearm som flodhest

Figur 13 viser en **vinkelarmkopling**. Den brukes til å konvertere vertikale bevegelser til horisontale bevegelser, og vice versa.



Figur 13: Vinkelarmkopling

Figur 14 viser en **sveiv-og-glidekopling**. Den brukes til å overføre en rotasjonsbevegelse til en fram- og tilbake-gående bevegelse. I figuren kan det korteste staget bare rotere rundt det faste dreiepunktet, mens det lengere staget glir fram og tilbake i et spor.



Figur 14: Sveiv-og-glide-kopling

Figur 15 viser vårt sakseløftebord som bruker en glidekopling.

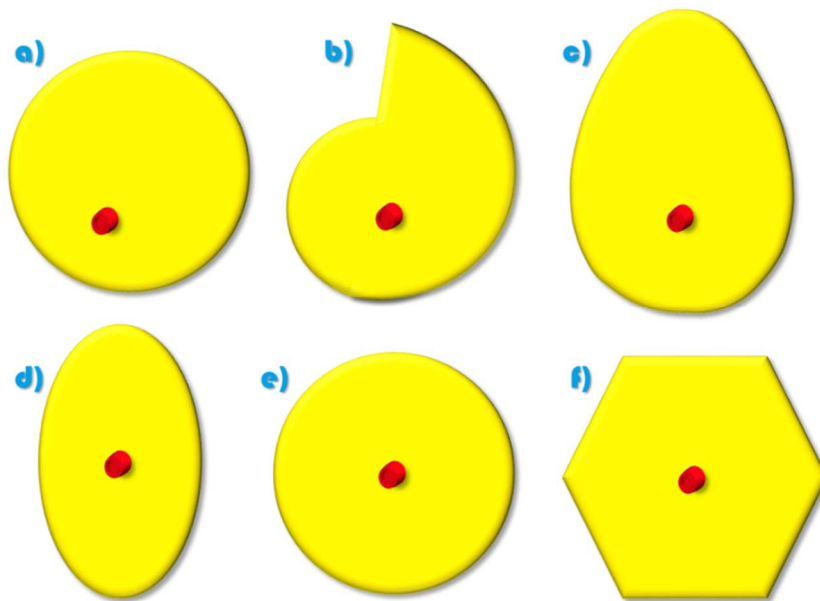


Figur 15: Sakseløftebordet bruker en glidekopling

5.1.3 Kamskiver

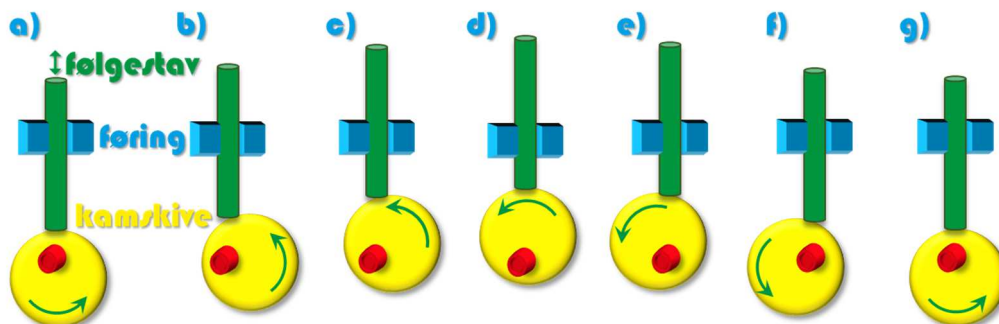
Ei kamskive er en annen mulighet til å overføre rotasjonsbevegelser til glidende bevegelser i en følgestav. Det er to hovedforskjeller mellom en sveiv-og-glidekobling, og ei kamskive.

- 1) En sveiv-og-glidekopling kan skape en fram og tilbake-bevegelse i hvilken som helst retning (opp og ned, til høyre og til venstre eller framover og bakover). Ei kamskive med en følgestav gir vanligvis bare en opp og ned bevegelse fordi følgestaven trykkes ned på kamskiva bare av sin egen vekt. Det er ingen kopling mellom kamskiva og følgestaven.
- 2) En sveiv-og-glidekopling kan bare skape en homogen fram og tilbake-bevegelse fordi den roterende arma er fast. Med ei kamskive, kan man skape alle typer ikke homogene opp og ned-bevegelser (f. eks langsomt opp og raskt ned) ved å bruke kamskiver med ulik form. Formen kalles en kamprofil. Figur 16 viser ulike kamprofiler: a) eksentrisk, b) snegleformet, c) eggeformet, d) elliptisk, e) rund og f) sekskantet (heksagonal).



Figur 16: Forskjellige kamprofiler

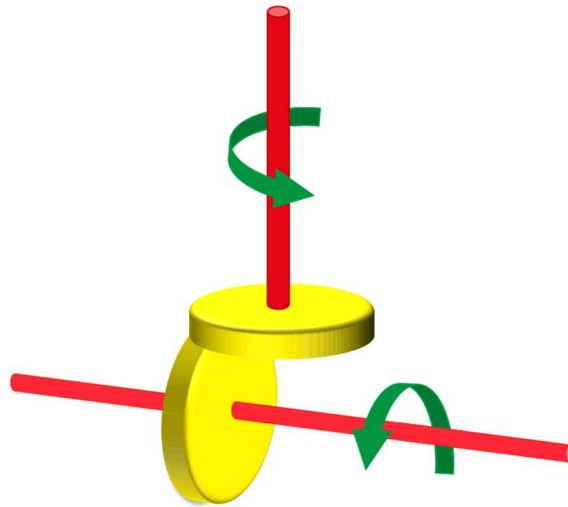
Figur 17 viser bevegelsene til ei eksentrisk kamskive.



Figur 17: Bevegelsene til ei eksentrisk kamskive

5.1.4 Friksjonsdrivverk

Ei rund, ikke eksentrisk kamskive forårsaker ikke en opp og ned-bevegelse, men den kan brukes som et friksjonsdrivverk. Figur 18 viser et friksjonsdrivverk som overfører en rotasjonsbevegelse med en horisontal akse til en rotasjonsbevegelse med en vertikal akse. Den dansende dukka bruker denne mekanismen (se figur 19).

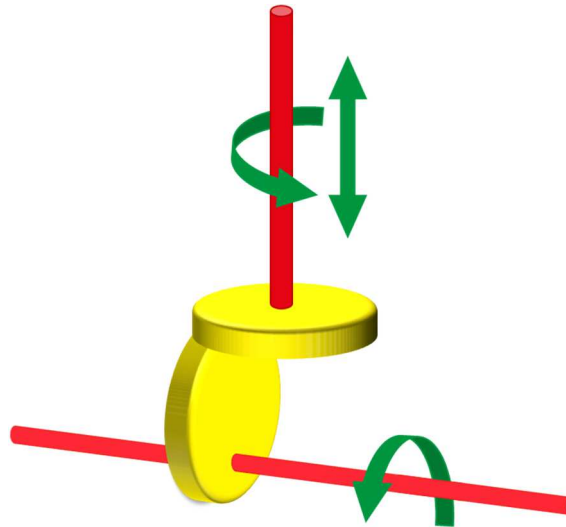


Figur 18: Friksjonsdrivverk



Figur 19: Den dansende dukka bruker et friksjonsdrivverk

Figur 20 viser et friksjonsdrivverk som bruker ei eksentrisk kamskive. Det skaper en interessant bevegelse: Følgestaven går opp og ned, mens den samtidig går rundt.

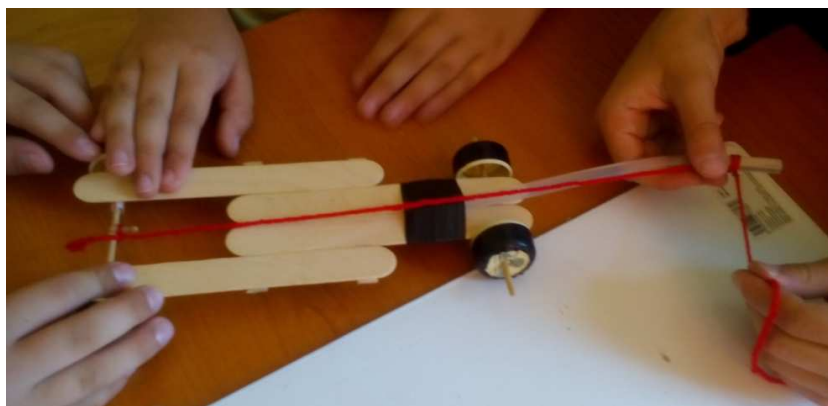


Figur 20: En friksjonsdriver med eksentrisk kamskive

5.2 Kraftkilder

Det er flere mulige kraftkilder som kan gi bevegelse til mekaniske leker. Den enkleste er at barna sjøl beveger leken. De kan gjøre det ved **å dreie et håndtak** (f. eks *Den dansende dukka* og *Vindelbrua*) eller ved **et enkelt vektstang-håndtak** (f. eks *Den snappende krokodillen* (*saksearma*) eller *Den snakkende elefanten*).

En morsom kraftkilde er **elastisk potensiell energi** som lagres i en gummistrikk (f. eks *Øko-bil 1* eller *kommer-alltid-tilbake-maskinen*), et sugerør eller en fjær. *Vindelbrua* vår bruker en fjær for å dra den ned igjen, fordi gravitasjonen ikke er sterk nok, men vi kan også bruke gravitasjonen hvis vi øker vekten.



Figur 21: Øko-bil 2 bruker kraften i et sugerør



Det er mange andre mekanismer som bruker **gravitasjonskraften**. Når man bruke en vektstang, vil lasten presse den ned igjen med en gang vi fjerner pådraget. Hvis vi kveiler en snor rundt en aksel og fester en last på den andre siden, vil gravitasjonen trekke massen nedover, slik at snoren ruller ut og akselen roterer.

Vannkraft som setter en turbin i bevegelse er en annen type gravitasjonskraft, fordi gravitasjonen får vannet til å falle nedover. Turbiner kan brukes til **vindkraft** også. *Vindturbin-kappløpet* bruker vind som er kunstig skapt ved hjelp av en hårføner.



Figur 22: Vindturbin kappløpet

Ballongbåten bruker **jetmotor** som lager en kunstig vind.



Figur 23: En ballongbåt bruker jetmotor

6 Referanser

- American Society for Engineering Education. (1970). *Engineering Education*. Washington, DC: American Society for Engineering Education.
- Bain, R. (1937). Technology and State Government. *American Sociological Review*, 2(6), 860-874. DOI:10.2307/2084365.
- Bjerklie, D. (1998). The Art of Renaissance Engineering. *Technology Review* 100(9), 54-59.
- Bishop, A. J. (1988). Mathematics education in its cultural context. *Educational Studies in Mathematics*, 19(2), 179-191.
- Broström, S. (2017). A dynamic learning concept in early years' education: a possible way to prevent schoolification. *International Journal of Early Years Education*, 25(1), 3-15. DOI:10.1080/09669760.2016.1270196.
- Broström, S. & Frøkjær, T. (2016). *Realfag i barnehagen - Barn og barnehagelærere undersøger naturens lovmessigheter*. Oslo: Pedagogisk Forum.
- Bruner, J. S. (1978). The role of dialogue in language acquisition. In A. Sinclair, R., J. Jarvella, and W. J.M. Levelt (eds.) *The Child's Concept of Language*. New York: Springer-Verlag.
- Campbell, F. A., Pungello, E. P., Miller-Johnson, S., Burchinal, M. & Ramey, C. T. (2001). The development of cognitive and academic abilities: Growth curves from an early childhood educational experiment. *Developmental Psychology*, 37(2), 231-242. DOI:10.1037//012-1649.37.2.231.
- Carmichael, C., MacDonald, A., & McFarland-Piazza, L. (2014). Predictors of numeracy performance in national testing programs: Insights from the longitudinal study of Australian children. *British Educational Research Journal*, 40(4), 637-659.
- Carr, M. & Lee, W. (2018). *Læringshistorier. Hvordan man opbygger læringsidentitet i dagtilbud*. København: Dafolo.
- Chien, N. C., Howes, C., Burchinal, M., Pianta, R. C., Ritchie, S., Bryant, D. M., Clifford, R. M., Early, D. E. & Barbarin, O. A. (2010). Children's classroom engagement and school readiness gains in prekindergarten. *Child Development*, 81(5), 1534-1549. DOI:10.1111/j.1467-8624.2010.01490.x.
- Clark, A. & Moss, P. (2011). *Listening to young children: The mosaics approach* (2nd ed.). London: National Children's Bureau.
- Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. Lexington, MA: DC Heath.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., & Huston, A. C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446.
- Engineers' Council for Professional Development. (1947). *Canons of ethics for engineers*. New York: Engineers' Council for Professional Development.



- European Commission. (2007). *EUR22845 – Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. Retrieved from <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/resources/docs/rapportrocardfinal.pdf>.
- European Schoolnet (2018). *Science, technology, engineering and mathematics education policies in Europe. Scientix Observatory report*. Brussels: European Schoolnet.
- Fröbel, F. W. (1887). *The Education of Man*. New York: Appleton.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2013). Adolescents' functional numeracy is predicted by their school entry number system knowledge. *PLOS ONE*, 8(1), e54651. Retrieved from: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0054651>.
- Geller, C., Neumann, K., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2014). What makes the Finnish different in science? Assessing and comparing students' science learning in three countries. *International Journal of Science Education*, 36(18), 3042-3066.
- Gunnestad, A. (2019). *Didaktikk for barnehagelærere: en innføring* (2nd ed.). Oslo: Universitetsforlaget
- Hadzigeorgiou, Y. (2002). A study of the development of the concept of mechanical stability in preschool children. *Research in Science Education*, 32(3), 373-391.
- Han, M., Moore, N., Vukelich, C., & Buell, M. (2010). Does play make a difference? Effects of play intervention on at-risk preschoolers' vocabulary learning. *American Journal of Play*, 3(1), 82-105.
- Handley, B., Coon, C., & Marshall, D. M. (2013). *Principles of Engineering*. Delmar: Cengage Learning.
- Hedges, H. & Cooper, M. (2018). Relational play-based pedagogy: theorising a core practice in early childhood education. *Teachers and Teaching*, 24(4), 369-383.
- Honomichl, R. D. & Chen, Z. (2012). The role of guidance in children's discovery learning. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 3(6), 615-622. doi:10.1002/wcs.1199.
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice* 41(4), 212-218.
- Lewis, J. P. (2000). *The Project Manager's Desk Reference: A Comprehensive Guide to Project Planning, Scheduling, Evaluation, and Systems*. Boston, MA: McGraw-Hill.
- Ministry of Education and Research (2017). *Framework plan for kindergartens content and tasks*. Oslo: Ministry of Education and Research. Retrieved from <https://www.udir.no/globalassets/filer/barnehage/rammeplan/framework-plan-for-kindergartens2-2017.pdf>.

- OECD (2006). *Starting Strong II. Early Childhood Education and Care*. Paris: OECD.
- Pyle, A. & Danniels, E. (2017). A Continuum of Play-Based Learning: The role of the teacher in play-based pedagogy and the fear of hijacking play. *Early Education and Development*, 28(3), 274-289.
- Rosicka, C. (2016). Translating STEM education research into practice. Camberwell, AU: Australian Council for Educational Research. Retrieved from https://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=professional_dev.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher* 68(4), 20-26. Retrieved from <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf>.
- Schleicher, A. (red.) (2012). *Preparing teachers and developing school leaders for the 21st century: Lessons from around the world*. International Summit on the Teaching Profession, OECD Publishing, Paris.
- Stipek, D., Feiler, R., Daniels, D. & Milburn, S. (1995). Effects of different instructional approaches on young children's achievement and motivation. *Child Development*, 66(1), 209-223. DOI:10.2307/1131201.
- Van der Veer, R. & Valsiner, J. (1991). *Understanding Vygotskij*. Oxford: Basil Blackwell.
- Vygotskij, L. S. (1978). *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes*. Edited by M. Cole. Cambridge: Harvard University Press.
- Weisberg, D. S., Hirsh-Pasek, K., Golinkoff, R. M., Kittredge, A. K. & Klahr, D. (2016). Guided Play: Principles and Practices. *Current Directions in Psychological Science*, 25(3), 177-182. DOI: 10.1177/0963721416645512.
- Wood, D. J., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychiatry and Psychology*, 17(2), 89-100.



7 Innhold

1	Innledning	2
2	Mekaniske leker for realfag (STEM)	3
2.1	Læring med mekaniske leker	3
2.2	Realfag eller STEM?	3
3	Teoretisk rammeverk	6
3.1	Lekbasert pedagogikk	6
3.2	Veiledet lek	6
4	Den didaktiske tilnærmingen	8
4.1	Steg for å implementere AutoSTEM	8
4.2	Barns aktiviteter.....	9
4.2.1	Observere og analysere en mekanisk leke	9
4.2.2	Å konsipere sin egen leke.....	9
4.2.3	Å erfare realfag ved å lage en mekanisk leke	9
4.2.4	Å leke med den mekaniske leken	9
4.2.5	Å reflektere over prosessen	10
4.3	Lærerens rolle	10
4.3.1	Å finne barns nærmeste utviklingszone	10
4.3.2	Å velge mål for læringen	10
4.3.3	Å planlegge aktiviteten	11
4.3.4	Å være støttende stillas når leken lages.....	12
4.3.5	Å knytte prosessen til realfag eller andre fag	12
4.3.6	Å jobbe med et lekemiljø eller en fortelling.....	12
4.3.7	Å evaluere	13
4.4	Mekaniske leker er en tverrfaglig inngang til realfag	13
4.4.1	Teknologi	14
4.4.2	Matematikk	14
4.4.3	Naturfag (Naturvitenskap)	15
4.4.4	Ingeniørfag	15
5	Mekaniske prinsipper for å lage mekaniske leker	17
5.1	Mekanismer.....	17
5.1.1	Vektstang.....	17
5.1.2	Koplinger	19
5.1.3	Kamskiver	22
5.1.4	Friksjonsdrivverk	23
5.2	Kraftkilder	25
6	Referanser	27
7	Innhold	30

Oversatt til norsk av Signe Marie Hanssen.



Prosjektpartnere



QueenMaudUniversityCollege
OF EARLY CHILDHOOD EDUCATION



FACULDADE
DE PSICOLOGIA E DE
CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Tilknyttete partnere

