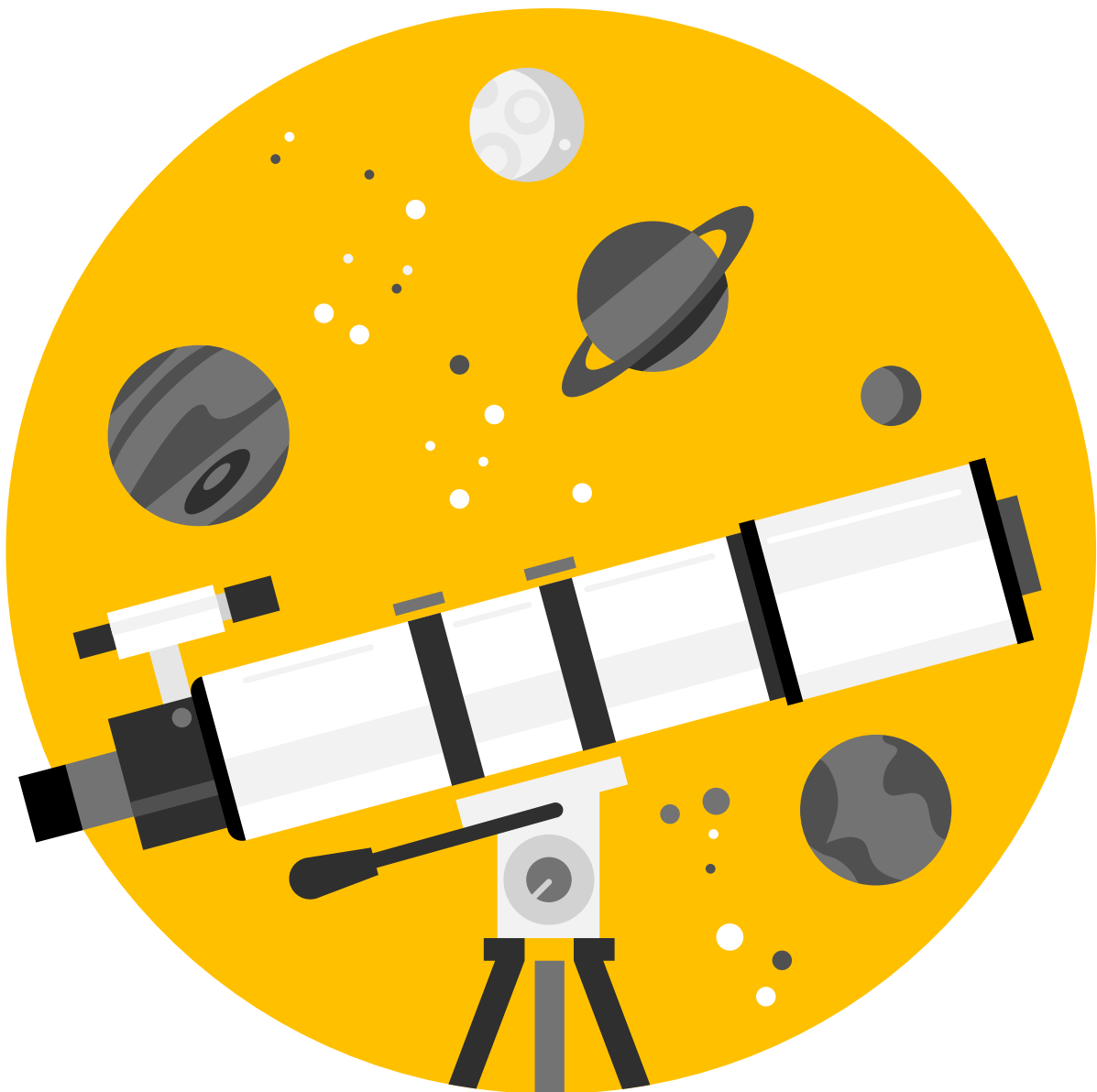


Modellraketter

Bygg modellraketter som kan skytes opp på en trygg måte



Kort om aktiviteten

Gjennomfør en ordentlig rakettoperasjon med din egen klasse. La elevene bygge sine egne modellraketter som kan skytes opp på skolen på en sikker og trygg måte.

Her finner dere også forslag til programmer og utregninger elevene kan bruke til å gjøre baneberegninger.

- **Tema:** Teknologi og romfartøy
- **Fag:** kunst og håndverk, naturfag
- **Trinn:** 8.–10. og vgs.

Innhold

Kort om aktiviteten	2
Teoridel	3
Raketter gjennom historien	3
Sounding rockets	4
Andøya Space	4
Hvorfor Andøya?	5
Rakettkampanjen	6
Aktivitet 1: Bygge modellrakett	7
Aktivitet 2: Sikkerhet og baneberegninger	9
Lærerveiledning	14
Hva har dette å si for klasserommet?	14
Sikkerhet ved oppskytning av modellrakett	15
Kjøpe raketter og rakettmotor	16
Læringsmål	16
Kilder	17
Lisensiering:	17

Teoridel

Raketter gjennom historien

Vi skal ikke gå dypt inn i historien her altså, for dette kan dere lese mye om andre steder.

De fleste tenker at raketter og rakettforskning er avansert moderne teknologi, men sannheten er at den første kjente bruken av rakettfysikkprinsippet finner vi i Hellas ca. 400 før vår tidsregning. Historien sier at grekeren Archytas laget en due av tre som han fikk til å fly ved hjelp av damp. Vi finner flere slike historier fra de kommende århundrene.

I det første århundre begynte kineserne å eksperimentere med krutt og med det fikk vi de første kruttmotorene som ligner på de vi bruker i dag. Rakettene som ble bygget på den tida ble brukt til fyrverkeri eller til og med i krigføring, men det er også sagt at raketter ble brukt til transport.



Figur 1: Wan-Hu har gått inn i historien som tidenes første astronaut. Kilde: NASA

Fortellingen om Wan-Hu beskriver en rakettdrevet stol. Wan-Hu ville reise til månen og bygget denne stolen med 47 raketter, som han mente skulle ta han dit. Lunta ble tent, det kom et øredøvende brak og mye røyk. Når røyken la seg, var Wan-Hu og stolen hans borte. Kineserne var overbevist om at oppskytingen var en suksess. Wan-Hu ble aldri sett igjen. Når vi leser dette med dagens øyne, har vi vel en annen oppfatning av det som skjedde.

Først på 1600-tallet, med Isaac Newton, ble fysikklover og teorier anerkjent som forskning. Med dette kunne man bygge større raketter som for det meste ble brukt til krigføring.

Når vi nærmer oss 1900-tallet begynner Robert Goddard å se på muligheten av å bruke raketter for å forske på atmosfæren. Goddard tenkte at raketter måtte kunne

nå høyere enn ballonger. Og det var starten på det vi i dag kaller sounding rockets, eller forskningsrakter.

Sounding rockets

Rakter brukes til mye, men vi skal konsentrere oss om forskningsrakter. De kalles også sounding rockets. Disse raketene er ikke like store som de som sender folk ut i verdensrommet, til den internasjonale romstasjonen, månen eller andre planeter (når vi kommer så langt) – eller når vi setter satellitter i bane rundt jorden.

Sounding rockets kan gå alt mellom 100 km til 1400 km opp før de når *apogee* (den maksimale høyden). Deretter faller de ned til jorda igjen. Disse raketene er utstyrt med instrumenter som skal måle spesifikke ting i det området de skytes til, eller de kan være utstyrt med ny teknologi som skal testes ut. Det gjøres veldig nøyaktige utregninger for å bestemme hvor raketene går og hvor de kommer til å lande. Instrumentene i raketten kalles *nyttelast* (*payload på engelsk*). Ofte er dette utstyr som forskere har jobbet med i tiår, og koster millioner av kroner.

Andøya Space

Norge har vært i rombransjen i flere tiår. I august 1962 ble den første raketten skutt opp fra norsk jord. Raketten het Ferdinand 1. Den var 7,7 m lang og veide 698 kg. Ferdinand 1 nådde *apogee* på 102 km opp i atmosfæren og gjorde de første målingene i ionosfæren.

Ionosfæren er spesielt interessant for oss å studere fordi det er der de ladde partiklene fra sola ioniserer atomene, altså at de løser elektronene fra banen rundt atomkjernen. Dette er prosessen som skaper nordlys, noe vi er spesielt opptatt av på Andøya Space. En annen ting denne prosessen kan ha betydning for er radiokommunikasjon, fordi de frie elektronene reflekterer radiobølgene, og kan skape forstyrrelser.

Siden 1962 har det blitt skutt opp nærmere 2000 rakter fra Andøya Space. Det kommer forskere og ingeniører fra hele verden til Andøya for å få sendt opp sin *nyttelast* eller testet sin teknologi.



Figur 2: Utskytning av forskningsrakett på Andøya Space. Foto: Andøya Space

Hvorfor Andøya?

Det er mange grunner til at Andøya ble valgt som base for rakettvirksomhet i Norge. En viktig årsak er at stedet ligger rett under nordlysovalen som gjør det enklere å studere dette fenomenet. I tillegg ligger Andøya Space godt plassert mellom foten av store fjell og med åpent hav helt til Nordpolen, som gir muligheten for å skyte ut raketter uten fare for folk og eiendom.



Figur 3: Nordlys sett fra verdensrommet. Kilde: NASA

Forskere som kommer til Andøya med sin nyttelast er vanligvis mest interessert i nordlysrelaterte fenomener, men også andre fenomener knyttet til atmosfæren. Særlig atmosfæren i polområdene er det spesielt interessant å forske på.



Figur 4: Lærere på rakettkurs. Foto: Andøya Space

Rakettkampanjen

Under en rakettkampanje (en tidsavgrenset periode der målet er å få skutt opp en rakett. Kan også kalles en rakettoperasjon) er det mange jobber som skal utføres, og alle er like viktig for å ivareta både forskning og sikkerhet.

Før oppskytning av raketten må alle involverte delta på et møte som kalles *Pre-flight*. Møtet ledes vanligvis av RSO, Range Safety Officer, som har hovedansvaret for sikkerheten under kampanjen. Her går man gjennom nedtellingsprosedyren og forsikrer seg om at alle er klar over hva de skal gjøre. PI, Prinsipal Investigator eller sjefsforskeren, forteller hva de ser etter før raketten kan skytes opp. Dersom gjennomføringen av forsøkene krever at det er synlig nordlys, er det jo liten vits i å skyte raketten dersom det ikke er nordlys akkurat da. I det tilfellet blir oppskytningen en veldig kostbar og bortkasta affære.

Tabell 1: Tabellen viser stasjonene som har en kritisk oppgave under rakettkampanjer. Kilde: Andøya Space

ALL	ALL stations
ALL TM	ALL TM Stations
AATC	Andøya Air Traffic Control
BT	Balloon Team
RC	Range Control
Main TM	Main Telemetry Station
TM READOUT	Payload TM
PAS	Pad Supervisor
PI	Principal Investigator
RG	Road Guards
RSO	Range Safety Officer
TPS	Launch Control Support and Trajectory calculations

Etter dette møtet går alle til sine stasjoner og nedtelling starter. For store forskningsraketter kan nedtellinga vare i flere timer. Det er mye som må testes og kontrolleres før raketten kan skytes opp. Det utarbeides en egen nedtellingsprosedyre for hvert rakettskudd. Denne er detaljert ned til siste sekund for å forsikre seg om at alt virker som det skal og at signalene mellom rakett og antenner er bra.

Tabell 2: Utsnitt fra nedtellingsprosedyre. Kilde: Andøya Space

"T" time HH-MM-SS	Item #	FROM	TO	CHECK	OPERATION
01-00-00	1	RSO	WT		Status weather reports
	2	RC	ALL		RADIO SILENCE
	3	RSO	STC		Inform STC about intention to launch
	4	RC	ALL		All personnel on stations
	5	RC	ALL		Conduct station voice checks ___ WT Weather Team ___ PAS Pad Supervisor ___ PI Principal Investigator ___ RG Road Guards ___ RSO Range Safety Officer ___ TPS Launch Control Support and Trajectory calculations
	6	RC	ALL		Conduct check of GO/NO GO ___ WT Weather Team

Oppstår det problemer underveis kan nedtellinga stoppes til problemet er løst. Sjefen for forskningen, Principal Investigator, følger med på forholdene som er kritiske for forskningen der dette er nødvendig. Av og til går dette fort, men noen ganger må de vente på dette i ukesvis.

Når alt er klart og nedtellinga når 00-00-00 går raketten og forhåpentligvis kommer det gode data fra nyttelast sånn at forskerne får noe å jobbe videre med.

Aktivitet 1: Bygge modellrakett

Utstyr dere trenger:

- Modellrakett byggesett
- Beskyttelsesvatt/wadding
- Utskytningsrampe og avfyriingsenhet
- Rakettmotorer og elektroniske tennere
- Lim
- Skalpell
- Sandpapir

Del elevene inn i grupper på 2-3 elever. Erfaringsmessig er 4 litt for mange, da blir noen sittende uten noe å gjøre.

Beregne god tid på byggingen, minimum 2 timer til bygging og 1 time for tørking, gjerne lenger.

Alle raketter med respekt for seg selv har selvsagt et godt navn!

Forslag til elevoppgaver:

- Presenter raketten med navn, type og oppdrag
- Gjør baneberegninger (Se aktivitet 2 for flere oppgaver) og presenter
- Fordel roller innad i gruppa og la alle delta aktivt i *pre-flight* møtet

PS! Dersom det er kaldt ute, kan det være stor risiko for at fallskjermen ikke folder seg ordentlig ut. Unngå å pakke fallskjermen tett og hold den varm helt til launch, da er sjansen for en vellykket deployment høyere!



Figur 5: Oppskyting av modellrakett. Kilde: Andøya Space

[Her er en video](#) som viser hvordan en modellrakett kan bygges:



Figur 6: Skjerm bilde av video av modellrakettbygging. Kilde: Andøya Space

Aktivitet 2: Sikkerhet og baneberegninger

Dette er et forslag til oppgaver som kan brukes i forbindelse med et rakettprosjekt. Forslaget er ment som et utvalg relevante oppgaver som du som lærer kan bruke som utgangspunkt når oppgaver til din elevgruppe skal forberedes.

- **Målgruppe:** ungdomsskole
- **Organisering av klassen:** gruppearbeid med 3-4 elever pr. gruppe

Oppgave 1: For at en rakettoppskyting skal skje trygt må vi forberede oss godt. En del av forberedelsene er å vurdere hva som bør skje, og hva som kan komme til å skje når vi skyter opp raketten, og deretter vurdere risikoen hvor hver av situasjonene. Dette kalles en *risikoanalyse*.

- Lag en liste over det vi ønsker skal skje under oppskytingen, for eksempel «rakettmotoren tenner»
- Lag deretter en liste med det vi ikke ønsker skal skje, altså det som kan gå galt. For eksempel «fallskjermen kommer ikke ut når raketten er i lufta»
- For hver av situasjonene i lista over det som kan gå galt, prøv å vurdere sannsynligheten og konsekvensen fra 1 til 5 som vist i tabell for risikoanalyse. Skriv ned hvilket risikoområde (grønt, gult og brunt) hver situasjon havner i

- d) For situasjoner med Moderat risiko [Gult område] og situasjoner med Ikke akseptabel risiko [brunt område] vurder tiltak som kan gjøres for å minske sannsynligheten, konsekvensen eller begge.

Eksempel:

Vi vurderer situasjonen «fallskjermen kommer ikke ut når raketten er i lufta». La oss si vi gir denne situasjonen sannsynligheten **Mulig (3)** og konsekvens **Stor (4)**. Altså havner situasjonen under Ikke akseptabel risiko [Brunt område]. Vi innfører tiltakene:

- Sjekk at fallskjermen fungerer ved å trekke den ut før oppskyting
- Skyt raketten opp i ett stort åpent område hvor den ikke kan treffe noe eller noen hvis den kommer ned uten fallskjerm

Det første tiltaket senker sannsynligheten for at fallskjermen ikke skal virke til **Usannsynlig (1)** og det andre tiltaket som handler om oppskytingssted senker konsekvensen til **Mindre (2)**. Situasjonen havner nå innenfor Akseptabel risiko [Grønt område].

Tabell 3: Tabell for risikoanalyse: Konsekvens er hvilke følger en situasjon kan få. Sannsynlighet er hvor stor sjans er det for at situasjonen kommer til å skje. Kilde: Andøya Space

Tabell for vurdering av risiko ved oppskyting av raketter		Konsekvens				
		Ubetydelig (1)	Mindre (2)	Moderat (3)	Stor (4)	Katastrofalt (5)
Sannsynlighet	Usannsynlig (1)					
	Sjeldent (2)					
	Mulig (3)					
	Sannsynlig (4)					
	Nesten sikkert (5)					
	[Grønt område] Akseptabel risiko – Tiltak vurderes					
	[Gult område] Moderat risiko – Tiltak innføres					
	[Brunt område] Ikke akseptabel risiko – Tiltak må gjennomføres for å minske risiko					

Oppgave 2: Gi raketten et passende navn. Finn deretter informasjon om raketten og fyll ut de hvite feltene i tabellen. Dette er informasjon som trengs før vi kan begynne å gjøre beregninger.

Rakettens navn:		Motortype (f.eks. B4-4):	
Beskrivelse	Forkortelse	Skriv inn her:	Enhet (hva det måles i)
Hvor tung er den ferdige raketten inkludert motor	m		kilogram
Gjennomsnittlig skyvekraft	T		Newton
Motorens brenntid	t_b		sekund
Glidetid før fallskjerm skytes ut	t_f		sekund

Forklaringer

- m står for masse og beskriver hvor tungt noe er

- T står for thrust og beskriver hvor hardt motoren dytter raketten framover
- t_b står for brenntid og beskriver hvor lenge motoren brenner
- t_f står for glidetid og beskriver hvor lang tid raketter glir i lufta før fallskjermen kommer ut

Oppgave 3: For å vurdere sikkerheten under en oppskyting er det også viktig å kjenne til hvordan raketten vil fly. Oppgavene under går ut på å beregne akselerasjonen, hastigheten, høyden og flytiden til raketten ved å bruke informasjonen fra oppgave 2.

Oppgave 3a: Når vi vet massen til raketten er og hvor mye skyvekraft rakettmotoren gir kan vi beregne akselerasjonen til raketten. Bruk formelen til å regne ut akselerasjonen (a) til raketten mens motoren brenner. For å forenkle utregningen kan tyngdeakselerasjonen $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ rundes opp til 10 m/s^2

$$a = \frac{T}{m} - g$$

Oppgave 3b: Raketten når topphastigheten, ofte kalt v_{max} , akkurat når rakettmotoren slutter å brenne. Bruk formelen til å regne ut denne hastigheten

$$v_{max} = at_b$$

Oppgave 3c: Regn ut høyden, h_b , raketten har når rakettmotoren slutter å brenne.

$$h_b = \frac{at_b^2}{2}$$

Oppgave 3d: Regn ut høyden, h_a , raketten har på sitt høyeste punkt. Dette punktet kalles ofte *apogee*.

$$h_a = \frac{v_{max}^2}{2g} + h_b$$

Oppgave 3e: Raketten fortsetter oppover etter at rakettmotoren har sluttet å brenne. Regn ut avstanden h_g raketten tilbakelegger fra rakettmotoren slutter å brenne til fallskjermen skytes ut etter tiden t_f .

$$h_f = v_{max}t_f - \frac{gt_f^2}{2}$$

Oppgave 3f: Vi kan anta at raketten når sitt høyeste punkt h når fallskjermen skytes ut. Finn denne høyden.

$$h = h_b + h_f$$

Oppgave 3g: Den totale flytiden er hvor lenge raketten er i lufta. Regn ut hvor lang tid det tar.

$$t = t_b + t_f + \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Oppgave 4: Fyll ut nedtellingsprosedyren [som kan lastes ned her](#). Denne skal tas med når raketten skal skytes opp og fylles ut under oppskytingen.

Oppgave 5 (krever PC): Bruk [OpenRocket](#) til å simulere rakettskuddet. Last ned og åpne den rakettfilen «[Quick and Easy.ork](#)». Legg inn vindstyrken som værmeldingen melder for dagen raketten skal skytes opp

- a) Simuler høyden til raketten over tid
 - I. Noter tiden det tar før raketten når toppen av raketbanen, også kalt apogee
 - II. Noter tiden det tar før raketten lander på bakken igjen
- b) Simuler hastigheten til raketten over tid
 - I. Noter ned den høyeste hastigheten raketten oppnår etter den er skutt opp
- c) Simuler høyden til raketten over avstand fra oppskytingssted
 - I. Noter ned avstanden fra oppskytingsstedet

Oppgave 6: Konklusjon

- a) Sammenlign resultatene fra OpenRocket simuleringene med beregningene som ble gjort tidligere i oppgaven. Hvorfor tror du resultatene ikke er lik?
- b) Er raketten trygg å skyte opp?

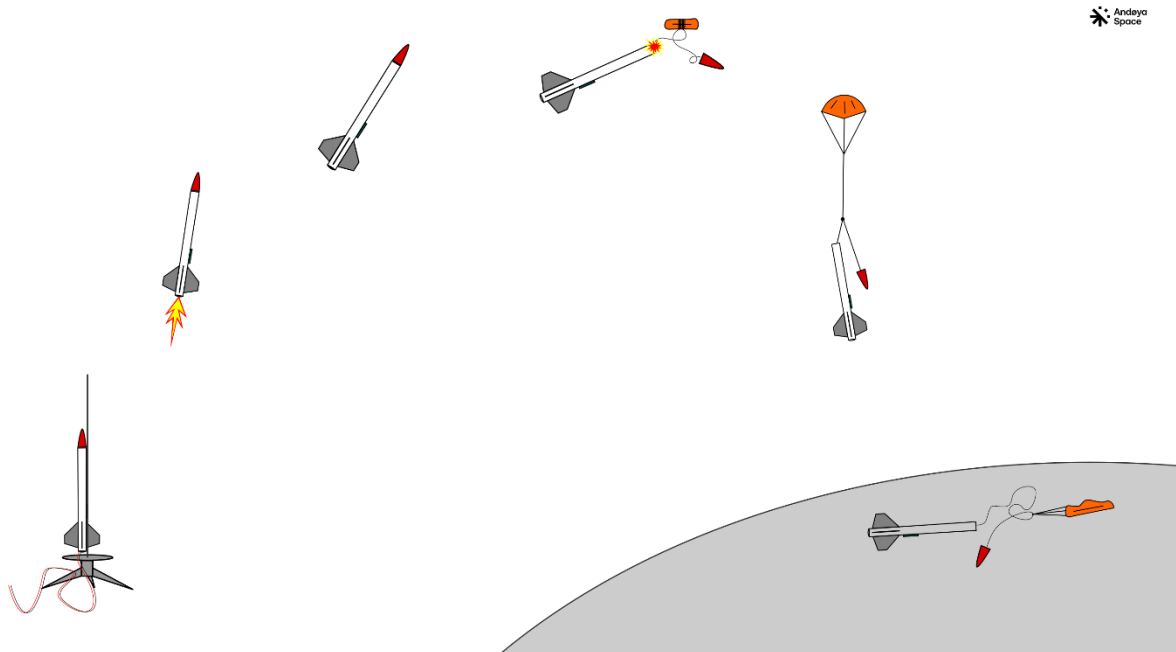
Lærerveiledning

Skoleelever fascineres av verdensrommet! Dette er et utsagn som bekreftes av flere skoleundersøkelser de siste årene (TIMSS, Rose, PISA). De nye læreplanene legger til rette for prosjektarbeid og tverrfaglig arbeid og lærerne står mer fritt i valg av tema enn tidligere.

Kunnskapsløftet 2020 legger stor vekt på skapende og utforskende virksomhet i klasserommet, og hva sier vel forskning (og utforskning) mer enn tema om verdensrommet? Gjennomfør et rakettprosjekt med dine elever og gjør det til en rakettkampanje hvor elevene selv bemanner de rollene som er nødvendig. Hvor kult er det ikke å kunne være rakettforsker for en dag? Eller en hel uke, for den saks skyld?

«Bygg en modellrakett» aktiviteten har et [tilhørende nettkurs](#) for lærere som du kan melde deg på helt gratis og ta når det passer deg. Vi vet at lærere har tidsklemme nok og at et nettkurs passer ofte bra: [esero.no/laererkurs](https://www.esero.no/laererkurs)

Forslag til løsning på regneoppgaver i oppgave 3: <https://www.esero.no/wp-content/uploads/2026/08/Forslag-til-regneoppgaver-laererveiledning.pdf>



Figur 7: Seks steg i en oppskyting. Kilde: Andøya Space

Hva har dette å si for klasserommet?

Norge har vært en romnasjon i omtrent 60 år, men overraskende nok er det ikke så mange som er klar over dette.

Med nye læreplaner kan det ligge til rette for å endre på dette. Elevene vi møter i skolen i dag er forskerne av framtida. Det er de som skal drive landet videre. Det er mange muligheter for jobb og aktiviteter for dem innenfor romvirksomheten.

De siste ti årene har skoleundersøkelser som PISA, TIMSS og ROSE vist at skoleelever synes verdensrommet er et av de mest spennende temaene i skolen. Kunnskapsløftet 2020 åpner for utforskende og skapende prosjektarbeid, og da er verdensrommet som tema et perfekt bakteppe! Hva med å la elevene bygge sine egne raketter og kjøre en rakettkampanje i egen skole? Da kan de lage sine egne forskningsprosjekter, bygge og skyte raketter og rett og slett bli romforskere for en dag, eller en uke, eller en hel måned?

For de yngste elevene i skolen kan det være papirraketter, eller flaskeraketter, mens for elever i ungdomsskolen er det kanskje mer spennende med modellraketter som har ordentlig rakettmotor. Rakettene er forholdsvis enkle å bygge bare man er litt nøye. Motorer og tennere må håndteres av lærer (hvis ikke elevene selv er over 18 år), men elevene kan gjerne få avfyre raketten.

Noen raketter har rom for nyttelast, og da kan man eksperimentere med forskjellige sensorer, eller bare gjøre det litt morsomt med å sende opp en lego-astronaut eller andre figurer.

Gjør man dette til et større prosjekt om verdensrommet er det mange mulige innfallsvinkler til det. Skal det handle bare om raketter, eller skal elevene tenke seg at rakettene tar dem videre ut i verdensrommet for å utforske andre steder? Hva vil elevene være mest interessert i å utforske? Her kan jo prosjektet være så stort som dere ønsker å gjøre det.

Sikkerhet ved oppskyting av modellrakett

Ved oppskyting av modellraketter er det viktig at lærere viser skjønn og tar vare på sikkerheten til elevene og området rundt. Finn helst et sted et stykke fra bebyggelse, eller et større område med god sikt. Vi anbefaler at lærer monterer motorer og startlunte på rakettene. Det er 18-års aldersgrense på kjøp av motorer.

Anbefalte sikkerhetsrutiner:

- Plasser oppskytingsområdet et godt stykke fra biler og bygninger med folk i.
- Minimum diameter på oppskytingsområde må være 150 m.
- Ikke skyt når det er mye vind. (~10 m/s).
- Vinkling av rampa:
 - Ikke mer enn 30 grader vinkel fra vertikalt på rampa.
 - Sikt unna bygninger og biler.
 - Dersom det er mulig, skyt inn i vinden.
- Verneutstyr:
 - Vernebriller for Operatøren (den som skal avfyre raketten)
 - Vernebriller og hansker for oppskytingsansvarlig (lærer)

- Sikkerhetsavstand:
 - Operatør 5 meter unna
 - Tilskuere 10 meter unna
 - Ingen står bak eller foran raketten i vindretninga.
- Opplys alle om faremomenter og sikkerhetsavstand. Alle som ikke greier å følge anvisninger fra oppskytningsansvarlig bortvises fra området.
- Pass på at tenneren står på Disarm
- Fest ledningene til tenneren og kontroller at det er kontakt.
- Sjekk området for farer (Droner/fly/vind) før nedtelling starter.
- Armer tenneren
- Start nedtelling fra T-10 sekund. Tell høyt så alle er forberedt
- Hold inne avfyringsknappen ett par sekund
 - *Hvis den ikke fyres, fjern sikkerhetsnøkkelen og vent 60 sekunder før du går bort til motorene for å sjekke tenneren*
 - *Bytt tenneren hvis den har brent, men ikke fyrt av motoren.*
- Under flukt skal raketten observeres og følges frem til fallskjermen har kommet ut og den ser ut til å lande på trygt område. Bruk gjerne elever som «spottere» for å holde spesielt øye med dette!
- Ta en ny sikkerhetsvurdering for hvert enkelt skudd.
- Fjern sikkerhetsnøkkelen fra avfyringspanelet slik at strømmen er utkoblet.
- Når alle rakettene er skutt kan de hentes, så lenge det ikke er noen fareområder.

Kjøpe raketter og rakettmotor

Modellrakettene kommer som ferdige byggesett. Det finnes flere varianter, med og uten nyttelast. Alle er forholdsvis enkle å bygge, men det lønner seg å være nøye. Vi anbefaler å bruke Avion, Payloader One, og/eller Courier raketter.

Rakettene krever motor etter hvor store og tunge de er.

Raketter og rakettmotorer kan for eksempel kjøpes her:

- Raketter: <https://www.elefun.no/vare-33895/modellrakett-singelmotor-klima-skolepakke-classic-sixpack>
- Rakettmotorer: <https://www.elefun.no/filter-892/modellrakett-motorer>

Læringsmål

Elevene skal

- bygge en modellrakett ved å følge en bruksanvisning
- forstå viktigheten av rutiner og sikkerhetsregler
- stille spørsmål og lage hypoteser om naturfaglige fenomener, identifisere avhengige og uavhengige variabler og samle data for å finne svar

- bruke og lage modeller for å forutsi eller beskrive naturfaglige prosesser og systemer og gjøre rede for modellenes styrker og begrensinger
- delta i risikovurderinger knyttet til forsøk og følge sikkerhetstiltakene
- gjøre rede for energibevaring og energikvalitet og utforske ulike måter å omdanne, transportere og lagre energi på

Kilder

- Nedtellingsprosedyre som kan fylles inn: <https://www.esero.no/wp-content/uploads/2026/08/fyll-inn-nedtellingsprosedyre.pdf>
- Sikker oppskyting av modellraketter: <https://www.esero.no/wp-content/uploads/2026/08/Sikker-oppskyting-av-modellraketter.pdf>
- OpenRocket: <https://openrocket.info/>

Lisensiering:

Dette verket er lisensiert under en [Creative Commons Navngivelse-IkkeKommersiell-IngenBearbeidelse 4.0 Internasjonal lisens \(CC BY-NC-ND 4.0\)](#).

Du kan dele dette materialet så lenge du krediterer oss, ikke bruker det kommersielt, og ikke endrer det.