Rapport

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Nils Kr. Rossing

# Uttesting av to interaktive matematikkmodeller

## ved Vitensenteret i Trondheim

**Trondheim 09.11.14**

NTNU
Det skapende universitet

# Uttesting av to interaktive matematikkmodeller

## ved Vitensenteret i Trondheim

**Uttesting av to interaktive matematikkmodeller**
**ved Vitensenteret i Trondheim**

Trondheim 2014

Bidragsytere:
*Nils Kr. Rossing*, *(nils.rossing@plu.ntnu.no)*Skolelaboratoriet ved NTNU

Layout og redigering: Nils Kr. Rossing, Skolelaboratoriet ved NTNU

Tekst og bilder Nils Kr. Rossing, Skolelaboratoriet ved NTNU

Faglige spørsmål rettes til:
**Skolelaboratoriet for matematikk naturfag og teknologi, NTNU**
v/Nils Kr. Rossing, 73 55 11 91
nils.rossing@plu.ntnu.no

Realfagbygget, Høgskoleringen 5
7491 Trondheim

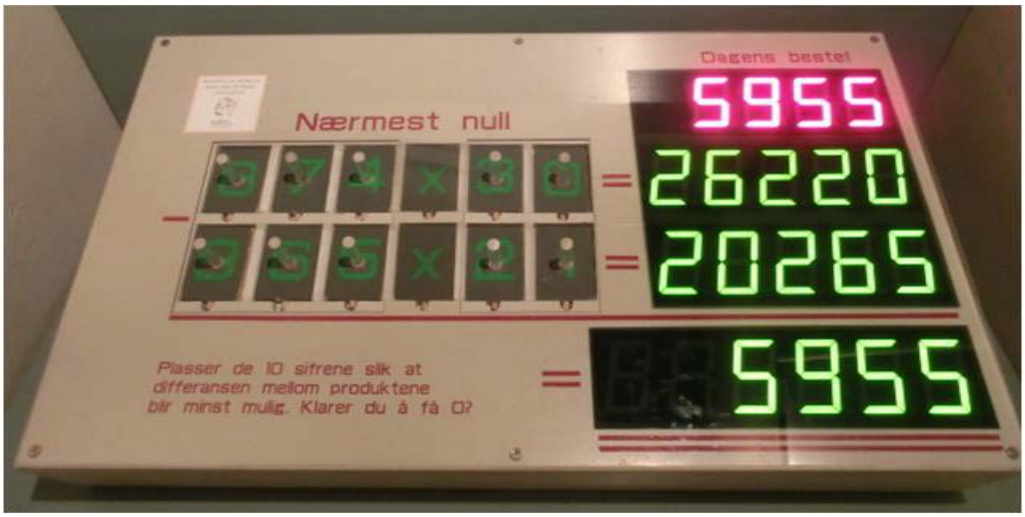
Skolelaboratoriet
Telefon: 73 55 11 43
Telefaks: 73 55 11 40
http://www.ntnu.no/skolelab/

Prøvetrykk 2.0, Rev 2.0 – 10.11.14

# Uttesting av to interaktive matematikkmodeller

## ved Vitensenteret i Trondheim

Nils Kr. Rossing




Skolelaboratoriet for matematikk, naturfag og teknologi, NTNU

# Sammendrag

I løpet av 2012–13 ble det Vitensenteret i Trondheim utviklet og bygget to interaktive utstillingsmodeller med temaet matematikk. Utviklingsprosjektet ble finansiert av Niels Henrik Abels minnefond som del av et samarbeidsprosjekt mellom 8 norske regionale vitensentere. I 2013–14 ble modellene testet med publikum et mini forskningsprosjekt støttet av Program for lærerutdanning ved NTNU og forskningsprogrammet UtVite ved Norges miljø- og bioteknologiske universitet på Ås.

Problemstillinger har vært å finne ut:

*I hvilken grad klarer modellene å skape engasjement og læring hos publikum?*

På bakgrunn av denne problemstillingen ble følgende forskningsspørsmål formulert:

- *Hvilke målgrupper appellerer utstillingen til og i hvilken grad når vi ungdomsgruppen med denne type modeller?*
- *I hvilken grad klarer utstillings-modellen å skape tankeprosesser hos de som arbeider med den? Vi er spesielt interessert i å studere prosesser som gir innsikt i publikums matematiske forståelse.*
- *Hvilke endringer bør gjøres med prototyp-utstillingene for at de endelige utstillingene skal kommunisere best mulig med publikum?*

I studien ble det benyttet ulike metoder, fra observasjon ved tilstedeværelse i utstillingen, via stasjonært montert videokamera, til bruk av informanter med bærbart hodekamera med påfølgende dybdeintervjuer.

De viktigste funnene er at begge utstillingsmodellene appellerer til både voksne og ungdom, og at de stimulerer til konstruktive tankeprosesser relatert til matematikk. “Ut og fly – størst verdi” i noe større grad enn “Nærmest null”. “Ut og fly –...” kan være noe mer attraktiv siden den knyttes til en virkelig problemstilling. Det viktigste er imidlertid å være at en utstilling er artig og skaper engasjement. Å gi publikum mest mulig frihet og ro i prosessen er viktig for å legge grunnlaget for konstruktive tankeprosesser. Det virket derfor positivt å fjerne tidspresset på “Ut og fly –...”. Modellen kan forbedres ytterligere ved at den gis en utforming som gir publikum bedre oversikt over gjenværende brikker.

Den største ulempen ved “Nærmest null” er at publikum lett kan stoppe opp uten å være villig til å bryte opp et “godt” resultatet for å oppnå ett enda bedre. Vi har foreløpig for lite holdepunkter for å si at blyant og papir sammen med tipsplakaten, løser denne utfordringen. Vi foreslår også å legge inn en “Min beste” som kan resettes av publikum i tillegg til “Dagens beste” for å stimulere til å konkurrere med seg selv.

Vi mener derfor å kunne slå fast at begge utstillingene skaper engasjement og legger grunnlag for læring innen logisk matematisk tenkning.

# Forord

Utgangspunktet for dette prosjektet er beslutningen om å utvikle fire interaktive utstillingsmodeller knyttet til matematikk og finansiert av ***Niles Henrik Abels minnefond*** som ett av flere delprosjekter knyttet til matematikk som tilbud i norske vitensentre. Prosjektet startet i 2011 og har så langt resultert i fire prototyper, hvorav to er utviklet ved VilVite i Bergen og to ved Vitensenteret i Trondheim. Planen er at de øvrige regionale vitensentrene i Norge skal få lov til å velge seg en av disse fire for duplisering. Som et ledd i utviklingsarbeidet skal modellene utprøves i utstillingen før de ev. settes i produksjon.

Siden Vitensenteret i Trondheim har et nært samarbeid med Program for lærerutdanning og Skolelaboratoriet ved NTNU, har Vitensenteret gjennom flere år vært en arena for lærerstudenter i naturfagdidaktikk som ønsker å skrive en masteroppgave relatert til eksterne læringsarenaer, som f.eks. vitensentre. Det var derfor ikke vanskelig å argumentere for at det bør forskes på vitensentere som lærerarena, blant annet med tanke på framtidige masterstudenter. Undertegnede fikk derfor våren 2013 økonomisk støtte for å etablere egen forskning innen fagfeltet med tema: *Publikums bruk av interaktive utstillinger.* Det var dessuten naturlig å knytte denne forskningen til de to nevnte interaktive matematikkmodeller.

Høsten 2013 startet et videreutdanningskurs innen vitensenterdidaktikk ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) på Ås. Kurset var et ledd i et større forskningsprogram, UtVite, som har som målsetning å undersøke betydningen av fremveksten av vitensentere i Norge med tanke på rekruttering til realfag og teknologi, og hvordan vitensentrene kan øke sine kunnskaper om formidling via interaktive utstillinger. Kurset som er på 15 stp., avsluttes med en mindre forskningsoppgave knyttet til interaktive utstillinger. For undertegnede var det naturlig å knytte denne oppgaven til de nevnte modellene.

I forbindelse med det UtVite, er det også dannet et forskningsnettverk hvor bl.a. tre stipendiater, undertegnede og andre interesserte deltar sammen med ansatte knyttet til UtVite deltar. Nettverket har som målsetning å støtte forskning innen feltet, samt stimulere til publisering. Masterstudenter er en naturlig resurs for nettverket. Pr. i dag har fire studenter innen naturfagdidaktikk ved NTNU tatt sin masteroppgave knyttet til Vitensenteret i Trondheim, og den femte er i ferd med å forberede oppstart av sin oppgave høsten 2014.

Denne rapporten er oppsummerer funnene knyttet til de to interaktive matematikkmodellene utviklet ved Vitensenteret i Trondheim, og vil være rapporten som leveres PLU i forbindelse med det nevnte småforsk-prosjektet ved Skolelaboratoriet. Rapporten vil også danne grunnlaget for oppgaven i videreutdanningskurset og for en mulig artikkel. Dessuten vil rapporten være et viktig bidrag til sluttrapporten om de interaktive matematikkmodellene finansiert av Abelfondet.

Jeg har fått hjelp til å samle inn og analysere dataene fra ing. Torgeir Rossing og masterstudent Torun Vaagland Stav. En takk til ungdommene som stile opp som informanter ved uttesting av modellene

Nils Kr. Rossing

Skolelaboratoriet ved NTNU
November 2014

# Innhold

**1 Innledning ..... 14**
1.1 Bakgrunn ..... 14
1.2 Abel-fondets initiativ ..... 14
1.3 Valg av modeller ..... 14
1.4 Kort beskrivelse av de to modellene som er målet for undersøkelsen ..... 15
1.4.1 "Nærmest null" ..... 15
1.4.2 "Ut og fly – Størst verdi" ..... 16
1.5 Faglig målsetning for modellene ..... 17
1.6 Problemstilling og forskningsspørsmål ..... 17
**2 Teorigrunnlag ..... 19**
2.1 Målgruppe ..... 19
2.2 Hvorfor interaktive utstillinger? ..... 20
2.3 Hva er interaktivitet? ..... 22
2.4 Hvilke fallgruver bør man unngå ved utvikling av interaktive utstillinger? ..... 24
2.4.1 Utstilling med multiple interaktive egenskaper ..... 24
2.4.2 Interaktivitet ved flere samtidige brukere ..... 25
2.4.3 Når også én bruker kan forstyrre modellens naturlige utfoldelse ..... 26
2.4.4 Fenomener som drukner i utstillingens apparatur ..... 26
2.4.5 En sekundær variabel kan lett avlede publikum fra den primære ..... 27
2.4.6 Forslag til tiltak ..... 28
2.5 "Active prolonged engagement" ..... 29
2.6 Tankeprosesser ..... 31
2.6.1 Hvilke tankeprosesser skal vi så "se" etter? ..... 32
2.6.2 Hva hindrer konstruktive tankeprosesser? ..... 34
2.7 Kreativ problemløsning ..... 34
2.8 "Boundary Objects" - samspillets utfordringer ..... 35
2.9 Hvor matematisk utfordrende er de to modellen? ..... 37
2.9.1 "Nærmest null" ..... 37
2.9.2 Ut og fly – størst verdi" ..... 42
**3 Metode ..... 44**
3.1 Valg av metode ..... 44
3.1.1 Kvantitativ metode ..... 44
3.1.2 Kvalitativ metode ..... 44
3.2 Datainnsamling ..... 45
3.2.1 Laboratorietesting ..... 45
3.2.2 Innledende observasjon med kamera (tidsmåling) ..... 45

3.2.3 Observasjon med tilstedeværelse i utstilling, og påfølgende intervju ..... 45
3.2.4 Observasjon og lytting til samtaler med stasjonært kamera ..... 46
3.2.5 Observasjon og lytting til samtaler med påfølgende intervju, med hodemontert kamera ..... 46
3.2.6 Diskusjon i referansegrupper o.a. ..... 46
3.2.7 Oversikt over observasjoner og opptak ..... 46
3.3 Utstyr ..... 48
3.3.1 Stasjonært kamera ..... 48
3.3.2 Bærbart kamera ..... 48
**4 Resultater ..... 49**
4.1 Innledende observasjoner med tilstedeværelse: ..... 49
4.1.1 Observasjon av engasjement – "Nærmest null" ..... 49
4.1.2 Observasjon av engasjement – "Ut og fly – størst verdi" ..... 51
4.2 Observasjon og intervju av ungdom som bruker modellen to og to ..... 52
4.2.1 To jenter – O og I (Vg3) ..... 53
4.2.2 To gutter (9. trinn) ..... 64
4.2.3 Ei jente fra 9. trinn ..... 77
4.2.4 Ei jente (18) og en gutt (17) fra videregående skole ..... 83
4.3 Sporadisk observasjon og opptak av publikum som bruker modellene ..... 89
**5 Diskusjon ..... 90**
5.1 Oppsummering og drøfting av funn for "Nærmest null" ..... 90
5.1.1 Målgruppe og bruk ..... 90
5.1.2 Matematiske læringsmål ..... 90
5.1.3 Tankeprosesser ..... 91
5.1.4 Hinder for tankeprosesser ..... 91
5.1.5 Autentisitet ..... 92
5.1.6 Forsterket engasjement (APE) ..... 93
5.1.7 Forslag til forbedringer ..... 94
5.1.8 Oppgradering av eksisterende prototyp ..... 95
5.1.9 Erfaringer etter oppgradering ..... 96
5.2 Oppsummering og drøfting av funn for "Ut og fly – størst verdi" ..... 96
5.2.1 Målgruppe og bruk ..... 96
5.2.2 Matematiske læringsmål ..... 97
5.2.3 Tankeprosesser ..... 97
5.2.4 Hinder for tankeprosesser ..... 98
5.2.5 Autentisitet: ..... 99
5.2.6 Forsterket engasjement (APE): ..... 100
5.2.7 Forslag til forbedringer ..... 101

5.2.8 Oppgradering av eksisterende prototyp ..... 102
5.2.9 Erfaringer etter oppgradering ..... 103
5.3 Forskningsspørsmål og problemstilling ..... 105
5.3.1 "Ut og fly – størst verdi" ..... 105
5.3.2 "Nærmest null" ..... 106
**6 Konklusjon ..... 108**
6.1 "Ut og fly – størst verdi" ..... 108
6.2 "Nærmest null" ..... 109
**7 Referanser ..... 111**
**Vedlegg A Forslag til endringer av programvaren ..... 112**
A.1 Ut og fly – størst verdi ..... 112
**Vedlegg B Underlag for utvikling av modellene ..... 113**
B.1 "Ut og fly – størst verdi" ..... 113
B.2 "Nærmest null" ..... 114
**Vedlegg C Intervjuguider ..... 118**
C.1 Guide for intervju etter observasjon ..... 118
**Vedlegg D Søknader ..... 119**
D.1 Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt - Til foresatte ..... 119

# 1 Innledning

## *1.1 Bakgrunn*

Selv om det har eksistert vitensentre (Science Centre) fra slutten av 60-tallet, er fenomenet relativt nytt i Norge. Teknoteket ved Teknisk museum ble etablert tidlig 80-tall og Vitensenteret i Trondheim ble etablert i 1988. Det ble imidlertid ikke noe fart i etableringen av vitensentere i Norge før godt ut på 2000-tallet. I dag finnes det 9 regionale sentre og noen mindre lokale sentere rundt om i landet, i tillegg til tilsluttede museer. De tidligste sentrene bygde sine utstillinger selv, mens senere vitensentre har kjøpt ferdige eller tilpassede modeller fra profesjonelle leverandører av slikt utstyr.

Det store flertallet av utstillinger ved et Vitensenter skal være interaktive, dvs. de skal kunne manipuleres av de besøkende. En skal imidlertid ikke besøke mange sentere, både i Norge og i utlandet, før en oppdager at interaktive modeller kan være så mangt. Min erfaring er at svært mange av disse modellene er av typen "planlagt oppdagelse" ("planed discovery") (Humprey, Gutwill 2005), dvs. at man blir guidet trinn for trinn mot en på forhånd bestemt erfaring som bygger opp under en anerkjent konklusjon. Eller utstillingen gir svært liten variasjon i måten den kan manipuleres på (ala "trykk-knappmodeller"). Ved Exploratorium i San Francisco har de gjennom en årrekke arbeidet med å utvikle "rikere" utstillinger som karakteriseres ved at det er publikum som selv stiller spørsmål ut fra en engasjerende problemstilling og en utstillingsmodell som gir rikelig rom for ulike typer utforskning og manipulering.

## 1.2 Abel-fondets initiativ

I 2010 ble det etablert et samarbeide mellom flere av de regionale sentrene i Norge i den hensikt å spre den gode praksis blant vitensentrene innen temaet matematikk. Bakgrunnen for dette initiativet var at styret i Niels Henrik Abels minnefond hadde antydet at de ønsket å stimulere slike prosjekter over en 5-års periode. Våren 2010 ble det derfor definert 8 ulike delprosjekter. Det størst hadde til hensikt å bygge opp kompetanse innen utvikling av "rike" interaktive utstillingsmodeller etter modell fra Exploratorium. På bakgrunn av dette ble det etablert et samarbeid mellom VilVite i Bergen og Vitensenteret i Trondheim (ViT) om sammen å gå gjennom hele prosessen fra idefase til et ferdig produkt som kunne dupliseres til andre norske sentre. En viktig del av en slik prosess er utprøving av prototyper. Denne artikkelen beskriver utprøvingen og hvilke konklusjoner dette medførte mht. utforming av den endelig modellen for mangfoldiggjøring.

## 1.3 Valg av modeller

Etter en omfattende idédugnad med forslag fra flere vitensenter, ble det nedsatt en komite bestående av representanter fra Matematikksenteret og vitensentre[1] som ikke direkte hadde vært involvert i idéprosessen. Disse vurderte et utvalg av forslagene og kom opp med 8 foretrukne modeller foreslått av henholdsvis ViT og VilVite. Av disse 8 valgte ViT og VilVite to hver for videreutvikling ved hvert av sentrene. ViT valgte modellene "Ut og fly – størst verdi" og "Nærmest null", mens VilVite valgte "Parabelbue - skrått kast" og "Tråd-parabel". I det videre skal vi se nærmere på ViT sitt valg.

Vi mente at begge modellene (ViT) at begge modellene hadde relativt lav terskel. Dvs. det var lett å få resultater, men vanskelig å oppnå topp resultat. Publikum hadde dessuten rikelige muligheter til å utforske modellene etter egne ønsker og behov. Vi ønsket dessuten å legge tilrette for at publikum kunne konsentrere seg om kjernen i problemstillingen og ikke bli forstyrret av

1. Vitensenteret Sørlandet, Vitenfabrikken og Vitensenteret Innlandet

uvesentligheter som tok oppmerksomheten bort fra hensikten nemlig å løse det matematiske oppdraget. Av samme årsak var det viktig at ved å forstå de matematiske sammenhengene i problemstilling, skulle de bli bedre skikket til å løse selve oppdraget. Det var viktig for oss at publikum var seg bevisst at det var en matematisk oppgave de var i ferd med å løse.

"Ut og fly – størst verdi" er en modell som minner om en problemstilling i hverdagen og som publikum kan kjenne seg igjen i, mens "Nærmest null" er en konstruert problemstilling kun for å utfordre intellektet. Et annet viktig poeng var at modellene skulle være tiltrekkende ("high attracting power") samtidig som de holdt på publikums oppmerksomhet over lengre tid ("high holding power"). Eller som vi uttrykte det:

***Lav terskel inn – høy terskel ut***

## 1.4 Kort beskrivelse av de to modellene som er målet for undersøkelsen

### 1.4.1 "Nærmest null"

Oppdrag:

- *Tallene 0 – 9 legges i de ti posisjonene slik at differansen mellom produktene blir minst mulig (se figuren under).*
- *Hver gang alle brikkene (0 – 9) er på plass, beregnes produktene og differansen mellom dem og vises på displayene.*
- *Dagens laveste score blir stående på et ekstra display.*

***Begrunnelse for valg av "Nærmest null"***

- *Modellen er en oppkonstruert problemstilling, og er ment som en konkretisering av en rendyrket matematisk utfordring for de som liker puslerier.*
- *I utgangspunktet skal modellen ha meget lav terskel, ved at alle som klarer å flytte brikkene og plassere dem i hullene, vil få en gyldig løsning selv om den ikke er optimal. Modellen krever at en er stor nok til å oppfatte at modellen viser regnestykker. Målgruppen antas derfor å være blant ungdom og voksne.*
- *Når en starter om dagen er det relativt lett å oppnå dagsrekorder. Dette blir imidlertid vanskeligere og vanskeligere etter som bestenoteringen kryper ned mot null. Det er et åpent spørsmål for den jevne publikummer om det er mulig å komme ned til null.*
- *I utgangspunktet kan en tenke at de første sifrene i multiplikand og multiplikator bør være så like som mulig slik at de to produktene nærmer seg hverandre. Etter hvert skjønner en at forskjellen mellom multiplikatorene kan være ganske stor, dersom også forskjellen mellom multiplikandene er tilsvarende stor i motsatt retning.*

Modellen oppmuntrer til strategisk tenkning samt enkel overslagsregning for å være i stand til å treffe omtrentlig. Dessuten trener den bruk av posisjonsprinsippet og viser konsekvensene av å endre verdier i ulike posisjoner (1-er, 10-er og 100-posisjon).

### 1.4.2 "Ut og fly – Størst verdi"

Installasjonen har 11 gjenstander med forskjellig vekt og verdi

#### *Oppdrag*

- *Legg et utvalg av gjenstandene "i" kofferten slik at vekten ikke overskrider 20 kg.*
- *Trykk på Start-knappen, og legg gjenstander i kofferten. Akkumulert vekt og verdi vises på displayet.*
- *Du har 1 min på jobben*
- *Trykk på Sjekk-knappen for å se hvordan du ligger an, dvs. du får vurdert hvor nær du er det optimale utvalget for å gi høyest verdi.*
- *Bordet tømmes med luft etter at tiden er gått ut og har fått se resultatet.*

#### *Modellens "regi"*

Våre observasjoner viser at det kan være vanskelig for publikum å oppfatte modellens "regi", dvs. hvordan den oppfører seg fra man trykker på Start-knappen til den rydder bordet:

- *Start-knappen trykkes*
  Tiden starter å telle ned og det er fritt fram for å legge på brikker. Man har da 60 sekunder på seg for å finne den optimale løsningen.
- *Sjekk-knappen trykkes*
  Når Sjekk-knappen trykkes så stopper klokken og resultatet så langt vises på Resultat-displayet. Etter 5 sek. fortsetter tiden å gå. Dette kan gjentas så ofte man har lyst inntil tiden er ute.
- *Tiden ute*
  Når det er gått 1 minutt, stoppes klokken og det oppnådde resultatet vises automatisk på Resultat-displayet. Etter 5 sekunder ryddes bordet og modellen er klar til å starte på nytt. Det er ingen vits i å trykke på Start-knappen før hele prosedyren er ferdig.

#### *Begrunnelse for valg av «Ut og fly – størst verdi»*

- *Modellen kan knyttes til en realistisk problemstilling som folk kan kjenne seg igjen i. Det vil være interessant å finne ut hvor mye det har å si for modellens popularitet.*
- *Hovedhensikten er at de besøkende skal oppdage strategier for å gjøre valg. I dette tilfellet vil det være nyttig å forsøke å se på forholdet mellom verdi og vekt. I utgangspunktet vil det være strategisk lurt å velge gjenstander hvor forholdet mellom verdi og vekt er størst mulig.*
- *I tillegg må de passe på at de ikke overskrider 20 kg samtidig som de helst skal oppnå 20 kg eller ligge tett oppunder. Det kan være uheldig kun å forholde seg til forholdet mellom verdi og vekt dersom dette gjør at de ikke utnytter muligheten til å ta med så mye vekt som mulig. Det er imidlertid ikke nødvendigvis slik at akkurat 20 kg er den optimale vekta. I prinsippet kan det være 19,5. Det er imidlertid neppe så lavt som 17 kg.*

Det er vårt håp at publikum skal oppdage denne kompleksiteten, og oppdaget at de stadig kommer ut for lignende situasjoner hvor denne type avveining er relevant.

## 1.5 Faglig målsetning for modellene

Det overordnede målet for de to utstillingsmodellene "Ut og fly -størst verdi" og "Nærmest null" er å skape interesse for matematiske problemstillinger og stimulere til logisk matematisk resonnering. I tillegg ønsker vi mer spesifikt å stimulere enkelte utvalgte matematiske kompetanseområder. For å forstå hvordan publikum tenker er det definert konstruktive tankeprosesser som under gitte betingelser lar seg observere. Dette er tankeprosesser som man erfaringsmessig vet bygger opp om læringsprosessen (Richhart 2011). Dette vil bli behandlet nærmere i avsnitt 2.6

***"Ut og fly – nærmest null":***

- Forstå og gjenkjenne problemstillingen fra hverdagslivet
  ***Tankeprosesser:*** *Observere nøye, Gjenkjenne, Undre og stille spørsmål*
- Oppdage en strategi for å løse oppdraget
  - Velge gjenstander med høy verdi/kg ("egenverdi")
  ***Tankeprosesser:*** *Bygge forklaringer og tolkninger, Oppdage sammenhenger, Fange essensen og formulere en konklusjon*
- Utøve (øve) matematiske ferdigheter for å løse problemstillingen
  - Gjøre overslag, finne ca. forholdstall
  - Se like verdier, men forskjellig vekt (hva velger man da?)
  - Se likhet i geometriske former (for de yngste)
  ***Tankeprosesser:*** *Observere nøye, Resonnere basert på evidens*
- Oppdage kompleksiteten i en "enkel" problemstilling, skape undring
  ***Tankeprosesser:*** *Avdekke kompleksitet, Skape undring og stille spørsmål*
- Erkjenne at dette er en logisk matematisk problemstilling
  ***Tankeprosess:*** *Gjøre forbindelser og koblinger*

***"Nærmest null":***

- Forstå problemstillingen
  ***Tankeprosesser:*** *Observere nøye, Undre og stille spørsmål*
- Oppdage en strategi for å løse oppdraget for å gjøre de to produktene så like som mulig
  ***Tankeprosesser:*** *Bygge forklaringer og tolkninger, Oppdage sammenhenger, Fange essensen og formulere en konklusjon*
- Utøve (øve) matematiske ferdigheter for å løse problemstillingen
  - Gjøre overslag, forstå betydningen av posisjonsystemet.
  - Kunne vurdere konsekvensene for sluttresultatet, av å bytte om to siffer, gjerne på forskjellig nivå i posisjonsystemet (1'er 10'er, 100'rer), slik at en oppnår en reduksjon i differansen
  ***Tankeprosesser:*** *Observere nøye, Resonnere basert på evidens*
- Oppdage kompleksiteten i en "enkel" problemstilling, skape undring
  ***Tankeprosesser:*** *Avdekke kompleksitet, Skape undring og stille spørsmål*
- Erkjenne at dette er en logisk matematisk problemstilling
  ***Tankeprosess:*** *Gjøre forbindelser og koblinger*

## 1.6 Problemstilling og forskningsspørsmål

Primært ønsker vi å finne ut om vi har lyktes med å skape utstillingsmodeller som appellerer til publikum, og i hvilken grad de når fram med budskapet sitt. Vi formulerte derfor følgende problemstilling:

*I hvilken grad klarer modellene å skape engasjement og læring hos publikum?*

På bakgrunn av denne problemstillingen formulerte følgende forskningsspørsmål:

- *Hvilke målgrupper appellerer utstillingen til og i hvilken grad når vi ungdomsgruppen med denne type modeller?*
- *I hvilken grad klarer utstillings-modellene å skape tankeprosesser hos de som arbeider med dem? Vi er spesielt interessert i å stimulere prosesser som øker publikums matematiske forståelse.*
- *Hvilke endringer bør gjøres med prototyp-utstillingene for at de endelige utstillingene skal kommunisere best mulig med publikum?*

# 2 Teorigrunnlag

## 2.1 Målgruppe

**Besøkende til vitensentre** en svært sammensatt gruppe, både i ***alder, bakgrunn*** og ikke minst ***motivasjon*** for besøket. Normalt vil de fleste vitensenter velge en hovedmålgruppe bl.a. barn og unge, kanskje med en forestilling at vi må nå barn før de kommer i puberteten hvor andre interesser får forrang. Det finnes mange måter å dele inn de besøkende inn i grupper ut fra hvorfor de besøker senteret eller museet. Falk og Dierking (2013, side 47–49) har delt de besøkende inn i hele sju grupper. I denne sammenhengen har jeg valgt å plassere de besøkende i tre hovedgrupper. Den første er gruppen for de som først å fremst ønsker sterke opplevelser og som gjerne vil underholdes. Vi kan kalle dem "**den opplevelseshungrige"** gruppen. Dette er ofte barn og ungdom som har et ønske om å oppleve noe spennende, noe som pirrer nysgjerrighet og undring, noe overraskende, noe de kan leke seg med eller oppleve på kroppen. Den andre gruppen består av eldre ungdom og voksne hvor samværet med andre betyr mye, hvor hovedhensikten med besøket er å gjøre noe sammen med venner eller en kjæreste, eller ha en positiv opplevelse som familie. Disse er mest opptatt av det sosial aspektet ved besøket. La oss kalle denne gruppen for "**den sosio-orienterte"** gruppen. Denne gruppen vil også kunne motiveres av å kunne oppdage eller lære noe nytt. I denne gruppen finner vi også enslige foreldre sammen med sine barn og besteforeldre sammen med barnebarn. En tredje gruppe er de faglig interesserte som enten besøker senteret med tanke på å lære noe nytt eller aller helst oppdage noe nytt om et tema de er opptatt av og kjenner fra før. Disse vil ganske kort orientere seg i utstillingen, for deretter å oppsøke de temaene som er inkludert i deres interessesfære. Disse er ofte ungevoksne eller eldre og kan godt være enslige besøkende (Ref.). Vi vil kalle den gruppen for **"den faglig orienterte"** gruppen.

En studie fra Los Angeles viser at besøkende som kommer til et ukjent museum eller vitensenter først og fremt ser etter noe de kan kjenne igjen (Falk, Dierking 2013, side 302–303). Dette kan være overraskende da det er nærliggende å tro at de er på jakt etter det ukjente og overraskende. Mye tyder på at de først vil møte noe kjent for så å oppdage nye nyanser ved det kjente, slik at de kan erfare den gode opplevelsen av gjenkjenning samtidig som ny kunnskap kan bygges på kjent grunn. Dernest er de kanskje åpne for det mer uventede og overraskende i grenselandet til ukjent stoff.

**Utvalg:** Ved ViT og de fleste andre vitensentre i Norge er skoleelever en viktig målgruppe. Vi tenker da i denne sammenheng på elever som kommer som en del av elevgruppe og hvor besøket er arrangert av skolen. Selv om elevene, spesielt på barnetrinnene, primært er opplevelsesorienterte, er besøket, i det minste fra lærernes synspunkt, faglig motivert. Siden elevene kommer som en gruppe hvor elevene kjenner hverandre godt vil også besøket har sterke elementer av sosial karakter.

Vi har i første omgang valgt bort skoleelever som besøker senteret som del av en organisert elevgruppe, mest fordi at denne gruppens motiver kan være svært sammensatt og vil, spesielt som første gangs besøkende, være svært springende i sitt møte med utstillingen. Siden elever i ungdomsskole og videregående skole er en viktig målgruppen for de nevnte utstillingsmodellene, valgte vi å hente dem til senteret når det var lite annet som forstyrret dem, for så å la dem arbeide sammen to og to for at de gjennom samtale dem imellom kunne "synliggjøre" de tankeprosessene som lå til grunn for hvordan de brukte utstillingen. I tillegg gjorde vi kvantitative studier av en bredest mulig sammensatt publikumsgruppe for å studere hvor attraktive de utvalgte modellene var med hensyn til alder og kjønn. Se avsnittet om metoden for utdypende kommentarer.

## 2.2 Hvorfor interaktive utstillinger?

**Teori og praksis:** Det klages over at skolen er blitt for teoretisk, underforstått at det praktiske håndverksmessige er i for stor grad erstattet av teoretisk kunnskap. Dette kan bety ulike ting:

- At elevene i større grad enn tidligere leser om, og ser bilder av, det de skal lære om framfor førstehånds erfaring gjennom egne eksperimenter eller skapende virksomhet
- At elevene presenteres for forklaringsmodeller av fenomener uten selv å få erfaring med det fysiske fenomenet
- At elevene i stadig større grad møter matematisk kvantitative, framfor kvalitative fenomenologiske beskrivelser av fenomener, slik at de til en viss grad kan regne på enkelte utvalgte fenomener, men har vanskelig for å lage seg konsistente mentale bilder av fenomenenes egenart.

Ser en bort fra matematikk, så ***er all teori forsøk på å lage forståelige modeller av virkelige fenomener***. Teori skal derfor være en støtte til å utdype og forstå praksisen. Er modellene gode vil de også egne seg for å forutsi framtidige hendelser. Ved hjelp av matematikken er det så mulig å kvantifisere fenomener. Det ideelle burde derfor være at elever først får:

1. observere og erfare fenomenet så langt det lar seg gjøre
2. dernest blir presentert for konsistente fenomenologiske forklaringsmodeller tilpasset deres kognitive nivå
3. for så å undersøke gyldighetsområdene for disse modellene gjennom egne erfaringer og forsøk
4. for deretter å modellere forklaringsmodellene matematisk eller statistisk slik at de blir istand til å kvantifisere fenomenene
5. som i sin tur gjør dem istand til å verifisere den matematiske modellen gjennom kvantitative eksperimenter
6. og til slutt kan bruke modellen til å forutsi framtidige hendelser med så stor presisjon som mulig

En slik prosess er selvfølgelig både omstendelig og tidkrevende og det sier seg selv at det er umulig å gjennomføre denne prosessen for all læring innen naturfag og øvrige realfag. En bør imidlertid tilstrebe at elever *opplever teori som en støtte for å forstå deres erfaring med praksis*. En hver teori må derfor, så langt det lar seg gjøre, forankres i en fenomenologisk forståelse og praktisk erfaring.

Et vitensenter vil i første rekke konsentrere seg om de kvalitative og fenomenologiske sidene ved et fenomen (pkt. 1 - 3), mens skolen (primært i høyere utdanning) bør ha vel så stort fokus på matematisk modellering og måling.

***Hands-on eller Minds-on:*** Forskning viser imidlertid at det ikke er avgjørende at elevene selv utfører forsøkene. Det kan være tilstrekkelig at de ser andre gjennomføre dem. Det er derimot avgjørende ***i hvilken grad de reflekterer over det de observerer*** (Ref???). En god demonstrasjon utført av en person som kjenner apparaturen og som elevene har tiltro til, vil i mange tilfeller kunne løfte fram det som er viktig samtidig som vedkommende unngår praktiske problemer som egentlig er demonstrasjonen uvedkommende. Slike problemer er ikke sjelden med på å maskere forsøkets egentlige hensikt når uerfarne elever selv skal gjennomføre forsøket. Det betyr ikke at elever aldri skal få gjøre egne forsøk. Egenaktivitet vil være nyttig for å høste erfaring med for eksempel laboratoriearbeid, og ved å gi dem mulighet til å oppleve gleden ved egen mestring når de lykkes.

En skal derfor ikke undervurdere betydningen av å går rundt i et vitensenter og observere andres aktiviteter eller se et show eller en god presentasjon. Det er imidlertid viktig at en har noen å diskutere med og bryne sine tanker på observasjoner med. Dette burde understreke betydningen av etterarbeid i klasserommet etter et besøk på vitensenteret.

***Med andre ord "minds-on" er kanskje viktigere enn "hands-on".***

***Som designeren har tenkt eller som publikum tenker:*** Den som har utviklet en utstilling har i beste fall en hensikt med det han eller hun har laget. Utstillingens betydning er forankret i designernes *forståelseslandskap,* som bygger på deres kunnskapsbase og ekspertise.

I henhold til Falk og Dierkings kontekstuelle læringsmodell så bestemmes læring av den personlige erfaringsbasen som den besøkende bærer med seg ("personal context"), den sosiale sammenheng befinner seg i under besøket ("sosiocultural context") og til sist selve utstillingen, objektene og rommet utstillingen befinner seg i ("physical context"). Som vi ser er selve utstillingen bare en del av den komplekse læringssituasjon den besøkende befinner seg i (Falk 2013).

I utstillingen i et vitensenter vil publikum møte eksperimenter som de selv skal betjene, ev. se på mens andre betjener dem. All erfaring viser at publikum ikke sjelden har problemer med å forstå utstillingenes hensikt og hvordan de skal brukes på en hensiktsmessig måte. Her kan vi ser for oss ulike alternativer:

| | |
|---|---|
| 1. Brukes etter intensjonen | Gir en positiv opplevelse |
| 2. Brukes etter intensjonen | Gir en nøytral eller negativ opplevelse |
| 3. Brukes ikke etter intensjonen | Gir en positiv opplevelse |
| 4. Brukes ikke etter intensjonen | Gir en nøytral eller negativ opplevelse |

*Alternativ 1* er den som er planlagt av designeren. Vi antar at de fleste som designer en utstillingen[1].

*Alternativ 2* inntreffer når utstillingen ikke når fram eller ikke engasjerer publikum til tross for at de bruker utstillingen etter hensikten. Slik vil det alltid være, enten ved at utstillingen er uengasjerende eller at den ikke passer nettopp denne aktuelle publikummeren

*Alternativ 3* er ikke uvanlig. Denne kan inntreffe ofte når barn møter en utstilling beregnet for ungdom eller voksne. Da finner barnet sin egen måte å bruke utstillingen på, og som ofte kan være til stor glede. Dette gjelder f.eks. modellen "Ut og fly – størst verdi" som er altfor krevende for barn under 10 år. Vi har erfart at disse bruker modellen som en "putteboks" hvor alle elementer legges på sin plass etter geometri. Når alt er på plass er de godt fornøyd. Dog kan de bli skuffet over at modellen ikke krediterer deres innsats.

*Alternativ 4* er dessverre også ganske vanlig. Dette inntreffer når publikum ikke forstår hvordan modellens skal brukes og dermed bruker den feil. De kan da lett få den oppfatningen at den ikke er i orden og forlater den. Eller modellen at den på grunn av feil bruk gir en skuffene respons, slik at den positive opplevelsen uteblir.

Det er derfor naivt å tro at publikum vil bruke utstillingen slik designeren har tenkt. Designerens hovedoppgave blir derfor å utforme utstilling med tilhørende tekst slik at en unngår å støtte opp under feiloppfatninger og negative opplevelser. Unngår en det skal en kanskje være fornøyd selv om den interaktive utstillingen ikke alltid brukes etter intensjonen.

**John Dewey** hevder at det er

> *"an intimate and necessary relation between the processes of actual experience and education".*

Erfaringens kvalitet er imidlertid av betydning og det er viktig å bestemme:

---

1. Vi antar at de fleste designer en utstilling for å gi en positiv opplevelse. Alternativet kan være at en ønsker å endre holdninger og på den måten må gi en negativ eller blandet opplevelse for å gjøre inntrykk med tanke på å endre uheldige holdninger.

*"the criteria that distinguish educative from non-educative or mis-educative experiences" (Ansbacher 1998).*

Han hevder videre at erfaringens kvalitet har to aspekter: Det ene er om erfaringen støtter opp om publikums egen forståelse av erfaringen ("agreeableness") eller om den kommer i konflikt med deres egen forståelse ("disagreeableness"). For det andre vil dette påvirker i hvilken grad erfaringen får konsekvenser for senere erfaringer.

## 2.3 Hva er interaktivitet?

Det finnes en rekke ulike definisjoner på hva interaktive utstillinger er. McLean (1993) definerer en interaktiv utstilling slik:

*... those [exhibitions] in which visitors can conduct activities, gather evidence, select options, form conclusions, test skills, provide input, and actually alter a situation based on input (side 93).*

Jeg har valgt følgende *definisjon av interaktivitet* med en utstillingsmodell:

*Interaktivitet er vekselvirkningen mellom en modell og en (eller flere) person(er) slik at forskjellige stimuli fra personen(e) gir ulik respons fra modellen. Det bør være en sammenheng mellom stimuli og respons som underbygger forståelsen (læring) av et fenomen eller en teknologi.*

En god interaktiv modell har noen karakteristiske egenskaper som jeg mener er viktig. Disse kastes i denne omgang fram som udokumenterte påstander og kan danne et sett med hypoteser som kan prøves opp mot de observasjonene som skal vil bli omtalt senere.

- ***Overraskende***
  *At en modell er overraskende er viktig for å fange publikums interesse, skape nysgjerrighet og trekke publikum bort til utstillingen. Noen kaller dette modellens "attracting power". Dette kan være et overraskende fenomen, respons eller også et kognitivt paradoks*[1].
- ***Tydelig/målrettet***
  *Når modellen først har fanget publikums interesse er det viktig at de så raskt som mulig blir klar over hva hensikten med modellen er. Det vil si hvilken problemstilling modellen reiser og som dermed blir det tema publikum skal utforske. Problemstillingen må dessuten ikke være for sammensatt. Modellen "Ut og fly – størst verdi" illustrerte dette ganske tydelig. Modellen krever at publikum passer på vekta samtidig som de skal maksimalisere verdien av gjenstandene som legges i kofferten. Det viste seg at mange overså at gjenstandene hadde en verdi og kun konsentrerte seg om å oppnå en vekt så tett oppunder 20 kg som mulig. Med andre ord, publikum forenklet problemstillingen og overså den kompliserende faktoren.*
- ***Manipulerbar***
  *Dette er kanskje den viktigste egenskapen med en interaktiv modell. Det er imidlertid ikke nok at den kan manipuleres, det må også være et visst mangfold i måten modellen kan manipuleres på. Dette er en forutsetning for at det skal være mulig å utforske modellen og henger nøye sammen med hvor "rik" modellen er. Det jeg har valgt å kalle en "trykk-knapp" modell er manipulerbar, men har du først trykket en gang så vil det samme gjenta seg neste gang du trykker. En slik modell gir mulighet for observasjon, men mulighetene for aktiv utforskning av fenomenet er begrenset. Det er som om du skal bli kjent med en person kun ved å stille et enkelt spørsmål.*

  *Et annet viktig poeng med interaktive modeller er at publikum skal ha følelsen av at det er de som kontrollerer modellen og ikke modellen som kontrollerer dem. Gi publikum kontroll. Installasjoner som overstyrer publikum skaper frustrasjon og forvirring.*

---

1. J.P. Gutwill hevder imidlertid at "kognitive paradokser" sjelden er særlig egnet til å stimulere utforskende aktiviteter. Han nevner to årsaker: 1. For å skape et effektivt paradoks må mulighetene til å manipulere modellen begrenses, 2. dermed vil som oftest publikum ha problemer med å få svar på sine spørsmål gjennom manipulering av modellen. Selv om slike modeller ikke er de mest egnede for læring, så kan de likevel bidra til å skape undring og nysgjerrighet (Gutwill 2008)

- ***Repeterbar***
  *Dersom man skal utforske et fenomen er det som oftest helt avgjørende at samme stimuli gir samme respons. Om dette ikke skjer vil en oppleve at modellen er ustabil og trenger ettersyn. Eller så kan det være at det fenomenet som skal undersøkes er så marginalt at andre fenomener skjuler fenomenet som skal undersøkes.*

  *Dette gjelder selvfølgelig ikke utstillingsmodeller som nettopp skal utforske tilfeldige prosesser. Skal du undersøke en stokastisk prosess, forventer nettopp tilfeldighet, dog en tilfeldighet som kan predikteres. Ved ViT hadde vi for noen år siden et lykkehjul som skulle illustrere for publikum hvor utrolig heldige vi var som var født inn i et rikt land. Ved å dreie hjulet så de at sannsynligheten for å bli født inn i fattigdom og kaos er vesentlig høyere enn sannsynligheten for å bli født inn i et land som Norge.*

- ***Umiddelbar***
  *Hele stemning ved et vitensenter legger opp til høyt tempo og liten tålmodighet. Dette synes å være spesielt utpreget for barn og ungdom som kommer som en gruppe uten en tydelig målsetning for besøket. En modell som utsettes for et stimuli, må i løpet av få sekunder gi en tydelig respons. Her er det imidlertid store forskjeller både med hensyn til alder og store variasjoner besøkende imellom. Det kreves imidlertid en god porsjon disiplin å ikke miste fokus når så mange ting skjer parallelt i en utstilling som på et vitensenter. God plass mellom modellene eller små adskilte rom vil gjøre det lettere å beholde fokus. Det samme vil være tilfelle dersom man går alene eller to og to.*

- ***Full innsikt (åpen)***
  *Det har vist seg at mekaniske modeller med godt innsyn i hva som skjer er de som slår best an hos publikum. Raskeste rullebane er en slik modell hvor publikum slipper to kuler (eller biler) fra samme punkt. Deretter følger de to kulene to forskjellige baner ned til samme endepunkt. Det viser seg da at den som går en lengre vei enn den rette linje kommer først fram. Selv om selve resultatet er uventet så har publikum full innsikt i hva som skjer og kan kontrollere alle parametere. Selv om resultatet er uventet, er erfaringen at de fleste etter en stund innser at den buede og lengste banen gir kula en raskere akselerasjon i starten og dermed en høyere gjennomsnittsfart som kompenserer for den lengre veien. Ikke fult så lett er det å slå fast at den raskeste banen er en sykloide.*

- ***Relevans (gjenkjenning)***
  *Det at en modell har relevans betyr i denne sammenheng at modellen skaper en viss grad av gjenkjenning. Vi har tidligere nevnt at når publikum kommer til et vitensenter eller et museum så ser de etter noe kjent. Det er som om de trenger en trygg havn før de kan begynne å utforske det ukjente. Det må ikke nødvendigvis være slik at et tema de møter i utstillingen må være identisk med det de møter utenfor vitensenteret. Det er nok at det gir en viss grad av gjenkjennelse. Dermed kan de bygge ny kunnskap på grunnlag noe gjenkjennbart. Vi kommer tilbake til denne diskusjonen i forbindelse med de to fokusmodellene i denne undersøkelsen. Under denne overskriften kan vi også anføre utstillingens autentisitet, dvs. i hvilken grad den gir et sant bilde av en virkelighet. I museer kan dette handle om at det er ekte gjenstander som vises fram. I vitensenter kan det være at en utstilling er utformet slik at den skaper en "resonans" hos publikum slik at utstillingen "slår en streng" hos dem slik at interessen er fanget. Falk og Dierking snakker om at en utstilling harmonerer med publikums identitets relaterte behov ("identtity-related needs and desire") (Falk & Dierking 2013). På denne måten blir modellen spesielt "virkelig" for dem.*

- ***"Rik"***
  *En "rik" problemstilling eller utstilling gir publikum anledning til å manipulere modellen på mange ulike måter. Dernest må det gjennom bruken av utstillingen åpenbare seg nye sider ved problemstillingen slik at utforskningen kan ta nye veier på grunnlag av mangfoldet i mulige stimuli og respons. Det skal være som å utforske en hule, jo dypere hulen går og jo flere sideganger den har jo mer engasjerende blir utforskningen. Det er imidlertid ikke nok at det finnes mange veier, utforskningen må stadig avdekke nye sider ved problemstillingen samtidig som den reiser nye spørsmål som lar seg utforske med modellen. En slik modell er rik og legger grunnlaget for et engasjement hos publikum slik at de blir lenge ved modellen. Modellen har stor evne til å holde på publikum ("Holding power").*

- ***Estetisk og funksjonell***
  *For å fange interesse er det ingen ulempe at modellen er estetisk tiltalende og stikker seg ut fra mengden. Bare en så enkel ting som farge viser seg å ha stor betydning for om publikum oppdager modellen og*

*tar den i bruk. Camilla Magerøy økte besøket til gyro-modell med nærmere 50% kun ved å dekke sykkeleikene på hjulet som ble benyttet med en knall gul folie (Magerøy 2012). Det er selvfølgelig viktig at modellen er robust og funksjonell (Allan).*

Når vi senere skal gjennomgå de to modellene som er fokuset for vår studie, så skal vi bl.a. bruke denne lista til sammenligne de to modellene med hensyn til en antatt kvalitet knyttet til interaktivitet.

Et poeng til slutt:

*Ikke masker de faglige poengene ved en utstilling med aktiviteter som ikke egentlig er relatert til temaet i utstillingen.*

Det er fristene å gjøre et tema spennende ved å legge inn en aktivitet eller en konkurranse som modellen attraktiv, men som egentlig er temaet i utstillingen helt uvedkommende.

*For å illustrere hvordan fotoner treffer silisium atomer og eksisterer elektroner i et solcellepanel, skulle publikum kaste baller mot et atom. Traff de, fikk de eksistert et elektron som i neste omgang ga "gevinst". Dette gjorde utvilsomt utstillingen meget attraktiv, men det er tvilsomt at publikum forsto noe mer av hva som skjer inne i et solcellepanel.*

Skal man bruke slike virkemidler i en utstilling så må publikumsaktiviteter gi ferdigheter som støtter forståelsen av det tema som utstillingen ønsker å formidle. Dette er ingen enkel oppgave og en kan forstå de som velger ballkasting i en slik sammenheng, men at det støtter læring om solceller er heller tvilsomt.

## 2.4 Hvilke fallgruver bør man unngå ved utvikling av interaktive utstillinger?

Det finnes en rekke egenskaper ved en interaktiv utstilling som reduserer tilgjengeligheten og bruksverdien av utstillingen. Vi kan nevne i fleng:

- *Vanskelig tilgjengelig både fysisk, sansemessig og intellektuelt.*
- *Uklare målsetning, dvs. det er uklart hva man vil med utstillingen, hva hensikten eller oppdraget er.*
- *Uklar reaksjon fra modellen ved manipulering. Eller reaksjonen til modellen er så marginal at den er vanskelig å oppfatte og tolke. Slike modeller oppfattes derfor som kjedelige og blir forlatt av publikum etter kort tid.*
- *Utstillingen er så skjør at den lett går i stykker, eller den er rett og slett utrygg for publikum.*

Dette er bare noen få av et utall egenskaper som gjør en utstillingsmodell uegnet i en utstilling.

I artikkelen: *Designing science museum exhibits with multiple interactive features: Five common pitfalls* fokuserer Sue Allan og Joshua Gutwill (Allan, Gutwill 2004) på fem fallgruver som en bør unngå når konstruerer interaktive utstillingsmodeller med flere egenskaper. Dette kan være aktuelt for en utstilling lik "Ut og fly – størst verdi" hvor publikum skal ha fokus både på vekt og verdi samtidig som de skal holde øye med tiden.

Vi skal her ganske kort referere disse fem:

### 2.4.1 Utstilling med multiple interaktive egenskaper

En god interaktiv utstilling er gjerne åpen og kan gi et mangfold av ulike resultater. Dette karakteriserer en rik utstilling og burde i utgangspunktet gjøre utstillingen attraktiv idet den stimulerer til diskusjon og refleksjon. Imidlertid kan mulighetene bli for omfattende slik at publikum mister oversikten. Som eksempel på en slik modell anvendes en "lys øy" for utforsking av refleksjon og avbøyning av lysstråler (se figuren til høyre (Allan, Gutwill 2004). Foto Exploratorium).

- Utstillingen består av mange ulike elementer
- De ulike elementene er likestilte, dvs. utstillingen gir ingen hjelp til i hvilke rekkefølge de ulike elementene skal brukes
- Antall kombinasjoner av de interaktive elementene er stort og de kan brukes hver for seg eller i kombinasjon med hverandre
- Det finnes ikke ett bestemt område hvor resultatet skal framkomme. Til gjengjeld finnes mange områder som kan vise resultatene av de ulike eksperimentene som publikum måtte finne på å utføre
- Beskrivelsen gir ikke noe tydelig oppdrag som kan være en støtte for hvordan modellen skal brukes

En undersøkelse (35 informanter) viste at 46% ikke hadde gjorde seg noen spesielle tanker ved bruk, 37% følte at de ble forvirret og 83% mente at de ikke hadde lært noen ting ved å bruke modellen.

*Selv om "Ut og fly – størst verdi" har flere parametere å holde rede på, så har den en klar målsetning. Antallet parametere er dessuten langt mindre enn den omtalte lysøya. Vi må derfor kunne slå fast at modellen unngår denne fallgruven. Det samme gjelder "Nærmest null".*

### 2.4.2 Interaktivitet ved flere samtidige brukere

Enkelte utstillinger gir fysisk rom for at flere kan bruke den samtidig. På den ene siden er dette positivt da det stimulerer til diskusjon og felles refleksjon over utstillingens tema. Ulempen ved en slik modell er at den enkelte lett blir avbrutt i sin egen bruk av utstillingen. Som eksempel bruker Allan og Gutwill en roterende skive som kan dekkes med sand og så brukes til å tegne figurer mens skiva roterer (se figuren til høyre (Allan, Gutwill 2004). Foto Exploratorium).

- Tilgang av flere samtidige brukere vil gjøre at de innbyrdes forstyrrer hverandre
- Ved at det finnes flere ulike tegneredskaper samt flere skuffer for å rengjøre bordet, oppmuntres til flerbruk og dermed også innbyrdes forstyrrende aktivitet

En undersøkelse (41 informanter) viste at mindre enn halvparten klarte å tegne ferdig et enkelt mønster før andre forstørret dem med sin egen aktivitet.

*Modellene "Ut og fly – størst verdi" og "Nærmest null" er begge plassert i en smal bås ved Vitensenteret i Trondheim hvor det så vidt er plass til to brukere samtid. Dette er på godt å vondt, da det reduserer muligheten for sosial interaksjon og diskusjon mellom flere besøkende, samtidig reduseres forstyrrelsen fra andre. På den annen side har vi sett at selv to har en tendens til å tråkke hverandre for nær. Slik utstillingen er plassert nå så vil det være unaturlig at en fremmed kommer inn å blander seg inn i bruken av modellene. Det er imidlertid en reell problemstilling for to kjente som bruker modellen sammen.*

### 2.4.3 Når også én bruker kan forstyrre modellens naturlige utfoldelse

Enkelte utstillinger inviterer til feil bruk slik at det fenomenet som utstillingen egentlig skal vise blir hindret eller maskert av feil bruk. Dette kan slå ut på forskjellig måte. Enten blir publikum forvirret og forstår ikke hensikten med modellen, eller de finner en alternativ bruk som gir dem en opplevelse, men ofte fjernt fra den opplevelsen tiltenkt av designeren av utstillingen.

Det finnes utallige eksempler på slike utstillingsmodeller, "Slangependelen", "Bernoulli blåser" og "Tornado" som omtales i denne sammenhengen (se figuren til høyre (Allan, Gutwill 2004). Foto Exploratorium).

Følgende momenter nevnes i denne sammenhengen:

- *Storskala åpen konstruksjon som "inviterer" publikum inn i modellen, kanskje ikke som tiltenkt. Dette kan, som i dette tilfelle hindre modellen i å fungere som tiltenkt.*
- *Skjulte mekanismer som skal få modellen til å fungere etter hensikten, og som lett oversees av publikum som dermed ikke forstår modellens virkemåte og lett kan komme til å hindre den tiltenkt funksjonen.*

En undersøkelse (30 informanter) viste at 90% av de spurte ikke hadde forstått hvordan Tornadoen skulle fungere, og dermed hindret den i fungere som tiltenkt. Vi har opplevd det samme med Tornado-modellen ved Vitensenteret i Trondheim som har samme åpne utforming.

*Dette er en meget relevant problemstilling for modellen "Ut og fly – størst verdi" hvor vi erfarer at publikum misforstår hensikten med modellen og dermed finner sin egen måte å bruke modellen på. Det kan være at de forsøker å legge på brikker slik at vekten blir akkurat 20 kg, eller de kan bruke den som "putteboks" ved at alle brikkene legges på korrekt plass. Begge er fornuftige problemstillinger, men ikke slik den var tiltenkt.*

### 2.4.4 Fenomener som drukner i utstillingens apparatur

Noen utstillinger som skal demonstrere fenomener stiller for store krav til publikums evne til konsentrasjon og tålmodighet, eller en urealistisk tro på at publikum synes alle resultatene den interaktive utstillingen gir er like interessante og vil stimulere til videre utforskning. På denne måten er sannsynligheten for at publikum mister fokus eller interessen før de faktisk har oppdaget essensen i utstillingen.

Som eksempel nevner artikkelen en utstilling som skal demonstrere hvordan levende celler hentet fra et kyllinghjerte har en tendens til å trekke seg sammen i takt selv om de tilsynelatende ikke har noen nevral forbindelse med hverandre, kun berører hverandre. For at det skal være mulig å se denne underlige effekten kreves avansert utstyr, inkludert et mikroskop med tilhørende videoframvisning av cellene. Siden fenomenet kun inntreffer i deler av preparatet kreves at publikum finner disse områdene. I tillegg må de stille fokus slik at de faktisk er istand til å oppdage hva som skjer (se figuren til høyre (Allan, Gutwill 2004). Foto Exploratorium).
En slik utstilling vil skape en rekke utfordringer for besøkende som ikke er kjent med denne type utstyr:

- Fenomenet krever at publikum leter etter det innen et større området, dvs. fenomenet "treffer dem ikke midt i ansiktet" når de møter utstillingen. En slik innledende "leteaksjon" vil for mange være en for stor terskel
- I tillegg til å finne fenomenet, må de også sørge for et fokusert bilde, så de faktisk er i stand til å se det. Å håndtere to parametere for å oppdage fenomenet, er nesten en uoverstigelig barriere for de som i utgangspunktet ikke er spesielt interessert
- Å gjenkjenne celler for den som ikke er vant med å se på slike er en utfordring i seg selv. I tillegg var det påkrevd det at de aktive cellene ble observert over litt tid før en var i stand til å oppdage at cellene slo.

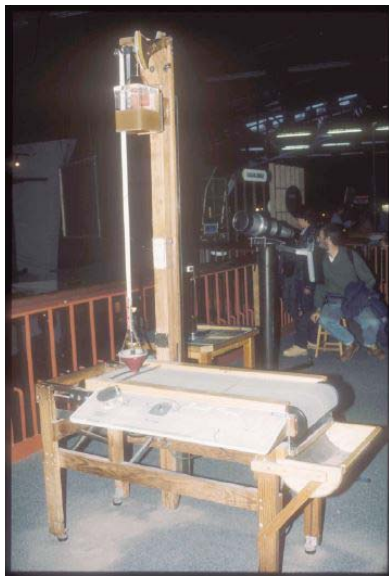
Alle disse hindringene medførte etter hvert at utstillingen ble gjort om til en ikke-interaktiv utstilling.

*Problemstillingen vist i eksempelet over er ikke typisk for våre to utstillingsmodeller. Det vi imidlertid har registrert er nettopp problemet med å håndtere flere variable samtidig. Som vi skal komme tilbake til så medfører to parametere (vekt og verdi) sammen med tidspresset hos utstillingen "Ut og fly – størst verdi" større utfordring enn hva de fleste klarer å oppfatte og å håndtere. Det er derfor mulig at en bør skille de to parametere ved at publikum først introduseres til problemstillingen om å velge brikker som gir 20 kg, for deretter å optimalisere verdien. På denne måten introduseres publikum gradvis til en stadig mer kompleks problemstilling.*

Den siste fallgruven berører nettopp problemstillingen med å bringe flere interaktive parametere inn i en utstilling.

### 2.4.5 En sekundær variabel kan lett avlede publikum fra den primære

Dette handler om å bringe inn for mange variable i en problemstilling. Det er ofte fristende for en utstillingsdesigner å forsøke å fortelle flere historier, da en har en forestilling om dette gjør modellen rikere og mer anvendelig. Dette vil sannsynligvis også være tilfelle i en ideell verden hvor publikum har samme "kunnskapslandskap" i hode som designeren. Imidlertid er ikke verden slik. Eller en har en forestilling om at utstillingen kan inngå i en workshop aktivitet, hvor det kan være aktuelt å bruke modellen på ulike måter.



I denne sammenhengen henter artikkelforfatterne fram en modell som skal demonstrere dempede svingninger ved hjelp av en pendel. En beholder med sand henger i en galge og kan svinge på tvers av et belte som beveger seg på tvers av svingeretningen. Når sand strømmer ut av et hull i beholderen, lager den en sinuslignende tegning på beltet. I tillegg til å sette pendelen i svingninger, er det mulig å endre hastigheten til beltet og graden av demping av svingningene. I tillegg må publikum sørge for å fylle sand i beholderen (se figuren til høyre (Allan, Gutwill 2004). Foto Exploratorium).

- Modellen har en kontroll med tilsynelatende ingen effekt. Man vil ikke umiddelbart se en endring av dempningsfaktoren. Først etter flere sekunders observasjon ser man effekten av en slik endring. Dette handler om å ha for store forventninger til publikums tålmodighet.
- En sekundær variable som dempningsfaktoren tar fokus bort fra det som er modellens hovedfokus, nemlig de sinusformede kurvene. Det viste dessuten at hjulet som regulerte dempningsfaktoren både var større en den som regulerte hastigheten, samt at den var plassert slik at den fikk mest oppmerksomhet.

Undersøkelser viste at publikum primært regulerte dempningen og fikk liten respons og dermed ga de opp modellen og gikk videre til neste uten videre utforskning.

*Som tidligere nevnt har "Ut og fly – størst verdi" to uavhengige parametere hvor den ene skal optimaliseres (verdi, kr), mens den andre skal holdes under en spesifisert grenseverdi (vekt < 20 kg). Disse to parametrene er knyttet tett til hverandre og gir tilsammen oppdragets kvalitet og rikhet. Det er derfor ikke uten videre naturlig å sløyfe den ene, f.eks. maksimering av verdien. Skulle vi likevel velge å gjøre det, måtte det være for å gjøre oppgaven enklere slik at en nådde ut til en større del av publikum. I så fall burde en lage to modeller med forskjellig kompleksitet. Dersom den samme modellen skal inkludere begge variantene, ville en lett havne i en tilsvarende problemstilling som modellen omtalt over, da brukergrensesnittet må kommunisere begge oppdragene, det enkle og det mer kompliserte, til publikum.*

### 2.4.6 Forslag til tiltak

For å bøte på de utfordringene som er omtalt i de foregående avsnittene valgte man tiltak innen følgende tre kategorier:

#### *Begrensning av funksjonalitet*

For å unngå at publikum brukte modellen feil, som i eksempelet med tornadoen, foreslås det å begrense publikums tilgjengelighet til modellen slik at det ikke var naturlig å gå inn i tornadoen. Samtidig som det var viktig å ikke redusere tilgjengeligheten så mye at publikum ikke fikk anledning til å undersøke hva som skjedde når de stakk en arm inn i tornadoen.

> *Dvs. reduser tilgjengeligheten akkurat nok til at de unngår å ødelegge effekten, samtidig som det fortsatt er rikelige muligheter for utforskning.*

Når det gjaldt eksempelet med å vise hvordan hjerteceller slår i takt, så valgte de å bygge om modellen slik at det hverken var nødvendig å finne de aktive cellene eller stille fokus. Med andre ord, modellen ble ikke det vi kan kalle en interaktiv modellen, men kun en modell for observasjon. Denne løsningen forutsatte økt oppfølging av det tekniske personalet som måtte sørge for at det til en hver tid befant seg noe interessant i fokus.

> *Det er bedre å redusere interaktiviteten for dermed å sikre at publikum får sett det aktuelle fenomenet, enn å beholde økt interaktivitet med stor fare for at de overser utstillingens hovedpoeng. Når og i hvilken grad en slik reduksjon av interaktivitet skal skje vil være en avveining i hvert tilfelle.*

#### *Del opp budskapet*

Når det gjaldt "lysøya" var problemet at det var for mange objekter som kunne manipuleres på ulike vis. Dette skapte forvirring og usikkerhet mht. hva som var hensikten med modellen. Dette ble løst ved å lage flere lysøyer, hvor hver enkelt av øyene fokuserte på ulike sider ved problemstillingen. En med fokus på avbøyning av lys i glass, en annen på refleksjon osv.

> *Der det er mange historier å fortelle velg en eller sørg for at de ulike historiene fortelles i hver sin utstillingsmodell.*

For den roterende skiven ble løsningen å lage flere roterende skiver som var plassert sammen slik at brukerne av skiven kunne se og kommunisere med hverandre, dette ga den gevinsten det er å dele sine opplevelser og erfaringer med andre i et sosialt fellesskap uten at de forstyrret hverandre. Dernest ble den enkelte skiva skjermet for innblanding fra flere utenforstående.

> *Der innblanding fra andre besøkende er et problem for å beholde fokus på oppdraget, lag flere parallelle arenaer slik at det både er mulig å dele sine erfaringer samtidig som man får ro til egen utforskning.*

*For modellen "Nærmest null" kan det være aktuelt å lage to parallelle modeller hvor to besøkende kan konkurrere med hverandre.*

***La brukergrensesnittet gjenspeile det faglige fokuset i modellen***

Som vi husker gjorde en uheldig plassering av kontrollknappene på modellen for demonstrasjon av svingninger at det ble urettmessig fokus på pendelens dempningsfaktor som på grunn av sin langsomme respons stilte store krav til publikums tålmodighet. Løsningen ble å omplassere kontrollknappene slik at fokus heller ble rette mot pendelen og hastigheten til beltet hvor funksjonen ble avtegnet.

*Sørg for at modellens faglige hovedfokus også gjenspeiles i beskrivelsen og i betjeningspanelet*

Dernest er det viktig å gi publikum en tydelig utfordring. For "lysøya" ble dette gjort ved å utfordre publikum til å finne en måte slik at en eller flere lysstråler nådde hele veien rundt "lysøya" i midten.

*Gi publikum en tydelig og entydig utfordring som kan løses ved hjelp av den interaktive utstillingen samtidig som løsningen krever at publikum må bruke sin kunnskap om (ev. skaffe seg ny innsikt i) de fenomener som er modellens hovedfokus.*

*Dette siste har også vært hovedfokus for både "Ut og fly – største verdi" og "Nærmest null". For å løse oppdraget må publikum bruke sin kunnskap om matematikk, ev. erverve ny kunnskap innen det samme feltet. Vi ser imidlertid at publikum har en tendens til å velge letteste vei, nemlig å prøve seg fram og håpe på det beste.*

## 2.5 "Active prolonged engagement"[1]

Prosjektet "Active prolonged engagement" er et av mange prosjekter sprunget ut av forskningsmiljøet ved Exploratorium i San Fransisco som også regnes for det første vitensenteret i verden, etablert av Frank Oppenheimer på 1960-tallet. Da senteret ble etablert hadde det en klar målsetning om å stimulere publikums nysgjerrighet og undring mht. naturvitenskap og teknologi ved å la publikum selv få lov til å utforske og observere fenomener. Observasjon og sansing ble derfor en viktig del av senterets filosofi, gjerne også med en kunstners blikk på fenomenene. Derfor ble det fra starten ble en kunstner knyttet til senteret, "artist in residence".

Museer har tradisjonelt representert forskningsbasert kunnskap og er ofte knyttet til universiteter. Som institusjon skal de bevare og drive forskning på både natur og kultur i tillegg til at de skal formidle kunnskapen til allmennheten. De kan derfor betraktes som en autoritet innen sine fagfelt.

Vitensentre har intet ansvar for bevaring og forskning innen naturvitenskap eller teknologi men en målsetning om å stimulere til undring nysgjerrighet hos den enkelte. Gjerne ved å legge til rette for utforskende aktiviteter, som på sikt kan skape en vedvarende fascinasjon og interesse for et fagfelt. Dette kan i sin tur være en drivkraft og gi indre motivasjon til å forstå mer, hvilket kan føre til læring. Vitensentre vil derfor ikke i samme grad som museer være autoriteter inn naturvitenskapelige og teknologiske fagfelt, de bør derimot være autoriteter innen populærvitenskapelig formidling, gjerne basert på egen forskning innen feltet. Siden interaktive utstillinger har vært et sentralt element ved de fleste vitensentrene har det vært og er dette en viktig arena for forskning.

I starten ble publikum "tatt i hånden" og guidet gjennom ulike eksperimenter, gjerne ved hjelp av detaljert beskrivelse av hva de skulle gjøre ("To do"), hav de skulle legge merke til for tilslutt å legge fram den "riktige" forklaringen ("What's going on"). Etter hvert ble denne strategien kalt

1. T. Humpfrey, J.P. Gutwill, Fostering Active Prolonged Engagement - The art of Creating APE Exhibits, Walnut Creek, CA 2005

"Planed discovery" - *tilrettelagt utforsking*. Selv om mange ting holder på å forandre seg vil en i rikt monn finne igjen denne typen utstillinger ved de fleste vitensentre, som er og fortsatt i mange tilfeller vil være en riktig strategi for erfaring og læring.

Gjennom årene har det ved Exploratorium i San Fransisco vokst fram forståelse for at istedet for å legge opp løpet gjennom tilrettelagt utforskning, kan en plante en problemstilling hos publikum og deretter gi dem det verktøyet (utstillingen) de trenger for selv å utforske problemstillingen eller fenomenet gjennom lek, eksperimentering, observasjon og refleksjon. Nøkkelen for å lykkes med denne strategien er å skape et engasjement som forsterkes og utdypes gjennom arbeidet med den interaktive utstillingen. På denne måten gir vitensenteret fra seg sin autoritet som kunnskapsbase og overlater til publikum og stille spørsmål og søke svar. Utstillinger av denne typen vil derfor være knappe på forklaringer og kun hjelpe publikum til å komme i gang. På denne måten flyttes fokus over fra vitensenteret som aktiv kunnskapsformidler, til publikum som aktiv og engasjert utforsker. Når engasjementet øker vil også publikum bli lengre ved modellen. Denne nye måten å tenke interaktivitet på fikk derfor betegnelsen "Active prolonged engagement (APE)", eller *Tilrettelagt for forlenget engasjement (TFE).*

Dersom man har som mål at publikum skal forlate et vitensenteret med økt og korrigert forståelse innen naturvitenskap og teknologi, så er denne sistnevnte strategien særdeles risikabel, da en vet svært lite om hvilket kunnskapsmateriale de besøkende bærer med seg når de kommer, og de har rike muligheter til å tolke både problemstilling og observasjoner inn i sin egen forestillingsverden. På den annen side kan en håpe på at publikum forlater vitensenteret med større engasjement og en opplevelse av at det de har oppdaget er "deres oppdagelse", som i ettertid kanskje har større verdi enn en helt korrekt og vitenskapelig forståelse. Det må imidlertid ikke misforståes dit hen at korrekt vitenskapelig forståelse er av underordnet betydning, det er heller slik at en har tro på at et sant engasjement før eller siden vil gi korrekt forståelse.

På den annen side, å bygge en interaktiv utstilling som skal stimulere til egen utforskning er ingen enkel sak. Det er ofte bare små detaljer som skiller en god utstilling fra en som ikke fungerer etter hensikten (Humphrey, Gutwill 2005). Når man startet dette prosjektet ved Exploratorium var det tre nøkkelspørsmål som innledningsvis ble stilt:

1. ***Ville et attraktivt førsteinntrykk gå på bekostning av forlenget engasjement?*** En forutsetning for at publikum skal la seg engasjere av en utstilling, er at førsteinntrykket gjør at de får lyst til å nærme seg utstillingen. Forlenget engasjement vil kreve rike muligheter til å utforske problemstillingen, et slik mangfold kan imidlertid ta motet fra publikum når de møter utstillingen. På den måten vil det være en fare for å skremme dem bort før de får anledning til å engasjere seg. Mulighetene må derfor gradvis avdekkes gjennom arbeidet med utstillingen.
2. Hvordan overlater man initiativet til publikum uten at de blir hjelpeløse og frustrerte? Noen vil føle seg fortapt uten en klar beskrivelse av hva de skal gjøre og en forklaring på hva som skjer. Det er krevende å møte en utstilling hvor initiativet overlates til publikum. I en slik situasjon er det viktig at oppdraget er så tydelig og så enkelt at det oppfattes umiddelbart. Videre at det er enkelt å se hvor man starter utforskningen. Utforskingen må deretter selv avdekke nye muligheter. Med andre ord terskelen for å komme igang må være lav og så fristende at man "fanges inn".
3. Hvordan skulle man møte mangfoldet av publikummere, hver på sitt nivå uten å gjøre flertallet frustrerte? Publikum i et svært stort aldersspenn kommer med hver sin erfarings- og kunnskapsbakgrunn. Å møte alles behov, synes å være en nesten umulig oppgave. En må derfor ofte gjøre valg mht. målgruppe og alder, slik også vi har måttet gjøre i denne undersøkelsen.

De innså at disse spørsmålene reiste enorme utfordringer i valg og utforming av utstillingene. Hele hensikten var å endre publikum fra passive mottakere til aktive og engasjerte deltakere som selv stilte spørsmålene: *Hva om vi gjør slik... hva skjer da?* Lykkes man med dette er ikke lenger vitensenteret et sted hvor autoriteter formidler sannheter, men et sted hvor publikum selv bygger kunnskap gjennom erfaring.

Svar på disse spørsmålene viste seg i en voksende trend innen pedagogi som vokste fram på slutten av 90-tall og har fortsatt inn i dette årtusen. Thomas Humphrey ved Exploratorium skriver:

> *People seemed to be responding to a kind of guided freedom that invested in them the authority to participate actively in their own learning*[1].

Eller det vi dag kaller *utforskende læring* ("Inquiry based learning"). De satte opp en liste over noen sentrale retningslinjer for å utvikle interaktive utstillinger av den typen de ønsket (APE):

- *Gi forsiktig veiledning for å komme igang, men sørg for at utforskingen har en åpen utgang*
- *Gi støtte til publikums egen utforskning ved å redusere instruksjoner og forklaringer til et minimum. Oppmuntre publikum til selv å observere, spekulere, leke og konstruere*
- *Sørg for at publikums rolle skifter fra å være en mottaker til å bli en aktiv deltager (sammen med senterets ansatte og andre publikummer), ved selv å stille spørsmål, sette igang aktiviteter og foreslå forklaringer på det de observerer*[2]

Andre vitensenter i USA hadde alt begynt å eksperimentere med varianter av slik utstillinger[3]. Disse hadde satt av spesielle områder i utstillingen til slike modeller. Exploratorium ønsket å fordele dem blant de øvrige mer tradisjonelle utstillingsmodellene.

Målet var klart de ønsket å:

> *... to generate specific kinds of visitor-driven behaviour, including questioning that generates exploratory activity, critical and uncritical observing, investigating along branching paths, collaborating with other visitors, and searching for and reflecting upon causal explanations for exhibit phenomena.*[4]

Dette er en prisverdi målsetning. Men siden det er vanskelig å vite hva publikum bærer med seg av kunnskaper og hvordan de tenker så ble man fort klar over at det ikke var noen enkel sak å vite i hvilken grad man lyktes med sitt prisverdige forsett. De måtte finne ut hvor lengde de ble ved modellen, hvorfor de valgte å forlate den, spørsmålene og samtalene som utspant seg i forbindelse med utstillingen, og andre indikatorer for kvaliteten på deres engasjement. De så med andre ord etter egenskaper ved modellen som oppmuntret publikum til å la seg engasjere og bli ved modellen, så kalt APE oppførsel. For å finne ut av dette gjennomførte de observasjoner, videopptak, intervjuer og ikke minst gjennomsnittlig brukstid av modellene. Dette siste ble etter hvert en viktig indikator for publikums engasjement.

## 2.6 Tankeprosesser

Som vi har sett i avsnittet foran så synes det viktig å få innsyn i hva publikum tenker når de bruker en utstilling. Dette vil ikke bare åpenbare hvilke metoder de bruker for å løse utstillingens oppdrag, men i hvilken grad den kommuniserer oppdraget og hvilken bakgrunn publikum vanligvis sitter inne med for å kunne forstå og løse de utfordringene utstillingen stiller. Og sist men ikke minst hva de sitter igjen med av kunnskap når de forlater utstillingen. Dette blir langt enklere tolke dersom vi både kan se hva de gjør og høre hva de sier. Det siste krever ofte at de ikke er alene med modellen. Det er også bakgrunnen for at vi har latt ungdommene vi har hentet inn arbeide to og to med utstillingsmodellene, samtidig som vi videofilmer det de gjør og sier.

---

1. Humpfrey, Gutwill 2005 - side 2
2. Forfatterens egen oversettelse av utdrag av Humpfrey, Gutwill 2005 - side 3
3. Science Museum of Minnesota (SMM) og Museum of Science Boston (MOSB)
4. Humpfrey, Gutwill 2005 - side 3 (øverst midtre spalte)

### 2.6.1 Hvilke tankeprosesser skal vi så "se" etter?

Tankeprosesser er ikke bare viktig for å forstå publikums møte med utstillinger ved museer og vitensentre, de er kanskje enda viktigere i forbindelse med læringsprosesser i en undervisningssituasjon. Dette var bakgrunnen for en rekke prosjekter som etter hvert ble samlet og organisert av miljøet ved Harvard Graduated School of Education. Grunnideen var at læreren i en klasseromssituasjon, sjelden får innsyn i de prosessene som ligger bak det elevene sier og foretar seg. Det er som å skulle forstå hva en telefonsamtale handler om ved kun å høre den ene samtalepartneren snakke.

Med en overbevisning om at undervisning kunne tilrettelegges langt bedre dersom man fikk innsyn i tankeprosessen som lå bak elevenes utsagn, begynte man å utvikle og samle inn gode og praktiske undervisningsrutiner som synliggjorde elevene tankeprosesser. Ikke bare som en hjelp til lærere, men også for elevene som ble seg bevisst sine egne tanker omkring et tema. En lang rekke slike rutiner ble gjennom flere år samlet fra mange land og utgitt i boka: *Making Thinking Visable - How to promote Engagement, Understanding, and Independence for All Learners* (Ritchhart 2011).

I innledningen lister forfatterne opp åtte tankeprosesser som de mener er essensielle for forståelsen av et tema eller et fenomen. Dersom vi er istand til å observere en eller flere av disse prosessene har vi mulighet til å avsløre publikums tanker i sitt møte med en utstilling. Lista under gjengir de åtte tankeprosessene sammen med *indikatorer* som gjør dem observerbare i publikums møte med en utstilling.

1. **Undrer og stiller spørsmål**

   ***Utdypning:*** *Utstillingen framstår som spennende og attraktiv slik at publikum stopper opp og stiller spørsmål om hva dette er, hva som skjer o.l. Eller at det motsatte skjer; de stopper opp, ser og går videre.*

   ***Indikatorer:*** *Stopper opp, ser, undrende ansiktsuttrykk, stiller spørsmål til andre, går nærmere, bøyer seg fram, ser utstillingen fra ulike kanter.*

2. **Observere nøye og beskriver hva som er der**

   ***Utdypning:*** *Publikum tar seg tid til å se nøye på utstillingen og leser instruksjonen slik at om vedkommende ble spurt, kunne han forklare hvordan den interaktive utstillingen skal brukes, og hva som er oppdraget eller problemstillingen.*

   ***Indikatorer:*** *Går inntil utstillingsmodellen, ser nøye på den, leser, snakker med andre om modellen, peker. De manipulerer modellen, observerer på nytt.*

3. **Bygge forklaringer og tolkninger**

   ***Utdypning:*** *Lager hypoteser om hva som kommer til å skje når de manipulerer den interaktive modellen. Det skapes forventninger om respons ved ulike pådrag. En kan derfor tenke seg at publikum alt på dette tidspunktet har eller utvikler forestillinger om hva som vil skje og årsakssammenhengene.*

   ***Indikatorer:*** *Viser tenksomme uttrykk, diskuterer mulig forklaringer og tolkninger med andre besøkende.*

4. **Resonnere basert på evidens**

   ***Utdypning:*** *På bakgrunn av observasjoner, manipulerer de utstillingsmodellen på nye måter. De er systematiske når de tester modellen. Valg av manipulasjon bestemmes av resultatet av observasjonene. De forteller sine med-besøkende hvordan de resonnerer, ev. rådfører seg med andre. Ofte bygger vi våre antagelser på et svært spinkelt grunnlag. Det å resonnere på bakgrunn av tilstrekkelig evidens er nærmest en sjeldenhet i dagliglivet, som regel er vi flinke til å synse. Innen vitenskapelig tenkning er det helt avgjørende å bygge sin kunnskap på et stødig grunnlag av evidens. Derfor er det viktig og stimulere denne tankeprosessen*[1].

***Indikatorer:*** *Målrettet og variert bruk av modellen. En kan observere en sekvensiell utforskning som kan spores tilbake til observasjoner. De ivrigste vil kanskje gjøre notater under veis for å holde orden på utprøvingen. Resonnementene bygger på det erfaringsgrunnlaget utstillingsmodellen gir i tillegg til andre konkrete erfaringer publikum har gjort.*

5. **Gjør koblinger og se sammenhenger**

   ***Utdypning:*** *I hvilken grad dette er observerbart er avhengig av utstillingsmodellens utforming og oppdrag. En må derfor i stor grad basere seg på hva som sies til med-besøkende. Dette er den prosessen hvor den besøkende kan trekke veksler på sin medbrakte kunnskapsbase, fra skole, arbeid, personlige interesser og hobbyer, eller fra andre sammenhenger. Publikum viser med gester at de forstår prinsippene bak modellens virkemåte. Viktig at modellen gir rom for at flere kan stå rundt den samtidig.*

   ***Indikatorer:*** *Peker i andre retninger enn på modellen. Forteller om bruksområder utenfor utstillingen, omtaler andre modeller, eller viser til grunnleggende prinsipper som ligger til grunn for modellens funksjon.*

6. **Vurdere ulike synspunkter og perspektiver**

   ***Utdypning:*** *Dette kan handle om å se en problemstilling fra ulike synsvinkler, hente inn alternative tolkninger sette en utstilling inn i et nytt perspektiv. Det kan f.eks. være å bringe samfunnsmessige konsekvenser inn i diskusjonen rundt en utstilling og det den formidler. Enkelte utstillinger kan også belyse kontroversielle tema som skaper diskusjon og engasjement.*

   ***Indikatorer:*** *Publikum diskuterer, lytter til hverandre, utvider perspektivet ved å sette utstillingens tema inn i en større sammenheng. De assosierer og bringer andre fenomener og momenter inn i diskusjonen.*

7. **Avdekke kompleksitet og gå i dybden**

   ***Utdypning:*** *Mange tema kan synes enkle og oversiktlige så lenge man har en perifer kunnskap om dem. Når kunnskapen om et tema øker, vil man få et langt mer nyansert bilde av tematikken. Ikke sjelden går man fra en utstilling med flere spørsmål enn det man kom med. Det kan imidlertid være andreledes spørsmål og overraskende problemstillinger som gir publikum dypere og mer reflektert holdning til et tema.*

   ***Indikatorer:*** *Stiller nye og annerledes spørsmål. Viser tegn på refleksjon og ettertanke. Bryter ned en problemstilling i sine enkelte deler.*

8. **Fange essensen og formulerer konklusjoner**

   ***Utdypning:*** *Dersom den forrige tankeprosessen bryter ned en problemstilling i mer avgrensede underpunkter, handler denne tankeprosessen om å heve seg over detaljene å se de store linjene og slik få øye på hva dette egentlig handler om. "Når en ball beveger seg i en parabelbue, handler det til syvende og sist om tyngdekraftens konstante virkning på ballen."*

   ***Indikatorer:*** *Reiser seg opp, trekker seg litt tilbake, oppsummerer hva en har oppdaget, trekker de store linjene og konkluderer. Henviser til andre utstillinger eller fenomener som i bunn og grunn handler om det samme fenomenet.*

Det er vanskelig å se for seg en utstillingsmodell i en vitensenter-utstilling som favner alle disse prosessene. Ikke minst fordi et vitensentre ofte er ganske urolig steder hvor det gis få muligheter til refleksjon og ettertanke. Dette er kanskje elementer som elever og andre besøkende kan bringe med seg tilbake til klasserommet og sitt hjemlige studerkammer. Det er derfor vi også oppmuntrer lærere til å drive etterarbeid etter et besøk ved Vitensenteret.

I denne sammenhengen er vi spesielt interessert i hva vi kan foreta oss med modellen slik at den stimulerer publikum til disse essensielle tankeprosessene.

---

1. Boka Tenke, fort og langsomt av Daniel Kahneman viser med all tydelighet hvordan vi svært ofte trekker slutninger og tar avgjørelser på særdeles tynt grunnlag (Kahneman 2012)

### 2.6.2 Hva hindrer konstruktive tankeprosesser?

Vi mener at det er vel så viktig å være på utkikk etter egenskaper ved modellen som faktisk er til hinder for konstruktive tankeprosesser. Ved å fjerne slike hinder vil være med å legge til rette for tankeprosesser som kan styrke læringsprosessen. Slike hinder er derfor drøftet for begge de aktuelle modellene (se avsnitt 5.1.4 på side 96 og 5.2.4 på side 103). Vi vil derfor ikke drøfte dette i større detalj her.

## 2.7 Kreativ problemløsning

I sin bok *Hva er kreativitet* (Kaufmann 2006) omtaler ***Geir Kaufmann*** to hovedgrupper av problemer: *Innsiktsproblemer* og *ikke-innsiktsproblemer.*

**Innsiktsproblemer** karakteriseres ved at problemløseren ofte "ser i feil retning" etter løsningen i forhold til hvor løsningen faktisk finnes. Løsningen på problemet betinger at problemløseren er i stand til å reformulere problemstillingen slik at han er i stand å øyne løsningen. Denne kan da komme plutselig og ganske uanmeldt, og noen ganger synes den å dukke opp helt uventet fra ingen steder.

**Ikke-innsiktsproblemer** er oppgaver hvor løsningsprosessen skrider fram gjennom hardt og målrettet arbeid, hvor hvert trinn i prosessen bringer en nærmere løsningen. Løsningen kommer da ikke overraskende, men som et resultatet prosessen.

Den kognitive psykologen ***Janet Metcalfe*** har gjennom flere år arbeidet for å få innsyn i slike løsningsprosesser og har i den sammenhengen utviklet en metode som ligner på barneleken "tampen brenner". Forsøkspersonene får ulike problemløsningsoppgaver og skal med jevne mellomrom angi på en skala fra 1 – 7 hvor nær de mener at de er løsningen på problemet. Alle starter på 1 og endrer så verdien etter som de arbeider med problemet. Når de angir verdien 7, mener de at de har funnet løsningen. Metcalfe brukte denne metoden for å studere de to typene problemer, innsikts- og ikke-innsiktsproblemer.

Vi skulle nå forvente at for innsiktsproblemer så stiger score-en gradvis etter som problemløseren arbeider med problemet, men for ikke-innsiktsproblemer skulle score-en ligge lavt før den plutselig spretter til 7 idet løsningen kommer som lyn fra klar himmel. Og det er nettopp dette Metcalfe fant.

Men hun gjør også en rekke andre interessante funn. For ikke-innsiktsproblemer så deler problemløserne seg i to grupper, de som klarer å løse problemet (*løserne*) og de som innen rimelig tid ikke klarer å løse problemet (*ikke-løserne*). Karakteristisk for ikke-løserne er at de overvurder sin egen evne til å løse problemet, noe som viser seg i de verdiene de angir med hensyn til å nærme seg løsningen. Men når det kommer til stykke må de til sist oppgi forsøket. Løserne derimot synes å ha et mer realistisk forhold til hvor nær de er en løsning. De ligger lavt før de plutselig får innsikt.

Disse resultatene vakte stor oppsikt og viste at vi anvender ulike kognitive prosesser når vi løser henholdsvis innsikts og ikke-innsiktsproblemer. Førstnevnte problemer løses av prosesser i hjernen som bevisstheten ikke har tilgang til før svaret forefinnes. Hjernen vil derfor normalt ikke sette ord på denne prosessen. Sistnevnte derimot, som gjerne er oppgaver av en logisk-analytisk type, er framme i bevisstheten gjennom hele prosessen og vil normalt kunne formuleres og diskuteres med andre. Dette bekreftes av Metcalfe ved at hun noen ganger tvinger problemløseren til å sette ord på innsiktsproblemet, hvilket medfører at problemløserne oftere mislykkes med å løse oppgaven, da bevisstgjøringen ved å sette ord på problemet flytter problemstillingen over til den bevisste delen av hjernen som normalt ikke er så flink til å løse slike problemer.

For å forklare disse resultatene så kan vi se for oss at problemløserne befinner seg i et problemrom som inneholder alle mulige løsninger som befinner seg innen deres fortolkning av problemet. Forskning viser at mange har problemer med å bryte ut av det problemrommet man befinner seg

i. Dette er særlig utpreget hos de problemløserne som opplever at de er nær en løsning. De derimot som mener at de er langt unna løsningen, er mer villig til å reformulere problemstillingen og komme seg over i andre problemrom. Dermed har de større sjanse for å finne uventede løsninger. Begrepet å "tenke utenfor boksen" er derfor svært betegnende for denne typen problemløsning.

Hvordan angår så dette vår problemstilling? Begge vår utstillingsmodeller må stort sett sies ikke å være av typen ikke-innsiktsproblemer. Gjennom våre observasjoner knyttet til modellen "Nærmest null", så har vi erfart at publikum, som problemløsere, har svært vondt for å bryte opp en god tallkombinasjon. Siden løsningsrommene inneholder mange lokale minima, dvs. lave verdier for differansen hvor det er svært vanskelig eller nesten umulig å komme videre, med mindre man bryter helt opp og så og si begynner på nytt. Dette synes vanskeligere jo lavere differanseverdien er. Dette minner svært om resultatene til Metcalfe. Har man derimot et mer ordinært resultatet, har en ikke så mye å tape og man tillater seg lettere å bryte opp og på denne måten gir problemløseren seg mulighet til å bevege seg over i andre løsningsrom hvor det kanskje finnes en lavere differanseverdi.

Selv om dette er en effekt som er mer utpreget for ikke-innsiktsproblemer, så ser vi at en lignende effekt inntrer for "Nærmest null". Dette handler om at publikum tror løsningen må være i nærheten siden det oppnådde resultatet er ganske nær null slik at de ikke er villig til å bryte opp og begynne på nytt. Vi må derfor gi dem mulighet til å oppdage at dette kan være galt samtidig som vi gir dem mulighet til å ta vare på sitt potensielt gode resultat, f.eks. ved at de kan skrive det ned.

## 2.8 "Boundary Objects" - samspillets utfordringer

Star og Griesemer diskuterer "Boundary Objects" i sin artikkel (Star, Griesemer 1989). Dette er objekter i videste forstand. Det kan f.eks. være et utstoppet dyr, eller et helt bibliotek, eller til og med et landområde (California). Fellesnevneren er at objektet er felles for ulike grupper som kan ha ulik oppfatning om og interesser knyttet til objektet. I vårt tilfelle kan en utstillingsmodell være et slikt "Boundary object". Grunnen til at jeg nevner dette i denne sammenhengen er at de to modellene vi har utviklet er et resultat av samspillet mellom mange interesser.

Ved Vitensenteret i Trondheim har det f.eks. lenge vært en diskusjon om hvor fra initiativet til en utstilling bør komme. Bør valg av utstilling springe ut fra et ønsker eller popularitet hos publikum, eller bør den komme fra pedagogene ved senteret som kjenner behovet i skolen, hvilke fenomener det er vanskelig å gripe uten gode visuelle konkretiseringsmodeller og hva som skaper god læring. Eller skal ideen til utstillingen komme fra teknikerne som tross alt kjenner utstillingen godt og vet hva som lar seg realisere, eller er det ledelsen ved senteret som bør legge føringer for hvilke utstillinger man bør satse på, ev. skal de som bevilger penger få lov til å være med å bestemme tematikk og innhold. Som vi ser er det mange ulike interesser som møtes i realiseringen av en utstilling ved et vitensenter. Alle disse aktørene har i ulike sammenhenger vært med å påvirket valg av utstillinger og preget innholdet ved Vitensenteret i Trondheim. Slik også i dette tilfellet.

Det kan være en meget krevende oppgave å sørge for at de ulike interessene drar i samme retning. La oss se hvordan dette samspillet har fungert i forbindelse med installasjonene "Ut og fly – størst verdi" og "Nærmest null".

### *Finansieringskildens føringer:*

Utgangspunktet for prosjektet var Abel-fondets ønske om at de mange gode oppleggene ved det enkelte vitensenter skulle komme flest mulig andre senter til gode. De uttrykte derfor at de ville at vitensentrene skulle møtes og bli enige om hvilke prosjekter ***innen matematikk*** de ønsket å videreutvikle og å spre. Dersom de klarte å enes om dette, ville Abel-fondet støtte "konsortiet av Vitensenter" med inntil 2,5 mill. over fem år. Alt her lå det klare føringer for valg av tema og at

utvalget skulle ha allmenn interesse hos flere senter. Siden interaktive utstillinger er noe alle vitensenter har, var det ikke vanskelig å foreslå at det skulle utvikles rike interaktive modeller knyttet til matematikk som senere kunne dupliseres og til flere senter.

***Utstillingspedagogenes føringer:***

Ved Vitensenteret i Trondheim hadde det gjennom et par år vokst fram et ønske om å utvide våre kunnskaper om interaktive utstillinger, da spesielt i retning av å gjøre utstillingene rikere. Dvs. å lage utstillinger som publikum kunne arbeide med over tid og oppdage stadig nye sider ved installasjonen. Pedagogene ønsket også at utstillingen skulle tvinge publikum til å ha fokus på utstillingens tema, i dette tilfelle matematikk. Slik at for å løse oppdraget utstillingen ga så hadde de fordel av å utvikle sine matematiske kompetanser. Pedagogene valgte å ha fokus på å skape en problemstilling som først og fremst skapte entusiasme og engasjement, og som et resultatet av dette ga læring.

I dette konkrete tilfellet kom ideene og forslaget til design fra pedagogene med de føringene dette ga. Utvalget av ideer til installasjoner ble dessuten lagt fram for andre pedagoger ved flere av de involverte sentrene. En vurderingskomite kom til sist fram til et knippe modeller for videre utredning.

***Modellbyggernes føringer:***

Når pedagogene legger fram sine ønsker for en utstilling så vil de gjerne løfte fram momenter som øker entusiasmen og læringsutbytte hos publikum. Det er også lett å ville for mye, dvs. man øker mangfoldet og kompleksiteten, men reduserer tilgjengeligheten for publikum. Modellbyggerne har på sin side behov for å lage en utstilling som er tilstrekkelig robust til å tåle lengre tids bruk, tilrettelegge for servicevennlighet og renhold. Kostnadene ved konstruksjon og bygging er selvfølgelig også viktig. På den ene siden må pedagogene gi tilstrekkelig klare retningslinjer for designprosessen slik at installasjonen oppfyller nødvendige krav til det vitenskapelige innholdet, samtidig gi tilstrekkelig rom til teknikerne til å utføre sin profesjon på en kreativ måte (Achiam 2012).

Siden vi sto foran en nyutvikling, var vi usikker på hvordan modellene ville fungere og pedagogene presiserte at det måtte lages prototyper for å teste ut konseptene. Dette ble til en viss grad gjort ved at tømming av kofferten ved hjelp av luft ble testet ut på en forenklet prototyp. Deretter ble modellene bygget mer som endelige utstillinger, enn som prototyper. Dette kan være en vanskelig avveining siden en prototyp som skal stå i utstillingen for utprøving må være tilstrekkelig robust. Det endte derfor med at "prototypene" ble fullt ut funksjonelle modeller. Teknikere har dessuten en yrkesstolthet å ta vare på, som gjør at de har vondt for å gi fra seg noe de ikke er helt fornøyd med.

Sett på bakgrunn av økonomien i prosjektet skulle dette vise seg å være en nødvendig strategi. Det skulle vise seg at det ville ha blitt for kostbart å lage for mange funksjonelle prototyper.

***Administrasjonens føringer:***

Å nyutvikle utstillinger er en risikosport, da det er vanskelig å vite hvilke utfordringer en vil møte under veis, og dermed hvor store kostnader som vil gå med til realiseringen. Slik også i dette tilfellet, dog ble overskridelsene til å leve med. Dessuten ble det tillatt noe overskridelser i utviklingsfasen, da en anså det som naturlig å legge inn en rimelig egenandel inn i prosjektet, siden det også ga en sårt tiltrengt kompetanse.

En slik velvilje kan en naturlig nok ikke forvente når prototypene skulle dupliseres for leveranse til de øvrige sentrene.

***Publikums føringer:***

Publikums ønsker og behov er relativt anonyme med mindre man aktivt går ut å spør. Det er vanskelig å få noe fornuftig svar ved å stille åpne spørsmål om hva de ønsker seg. Dessuten er publikum ofte svært positive så lenge installasjonene ikke er svært nedslitte eller ute av funksjon. Selv om de bruker utstillingen på en ikke tiltenkt måte, eller går glipp av de egentlige poengene med en utstilling, så har de ofte en positiv opplevelse (udokumentert), Det er først når man går dem nærmere inn på livet at en oppdager at de egentlig ikke har forstått hva det hele går ut på, eller at en installasjon er langt rikere enn hva de har skjønt.

Det er i denne sammenhengen undersøkelser som de som er gjort her blir en svært nyttig erfaring.

## 2.9 Hvor matematisk utfordrende er de to modellen?

Etter at vi har utredet ulike sider ved interaktivitet og tankeprosesser, er det naturlig å undersøke i hvilken grad matematikken i disse to modellene oppfyller kravene til en god interaktiv modell som understøtter et rikt mangfold av tankeprosesser.

I denne sammenhengen kan vi løfte fram noen viktige egenskaper ved utstillingen:

1. *Oppdraget skal ha lav terskel for å komme igang, samtidig som det skal være vanskelig å oppnå "full pott"*
2. *Oppdraget skal være rikt ved at det finnes mange veier til målet, og helst flere riktige løsninger*
3. *Oppdraget skal kunne løses ved hjelp av én eller flere* ***suksessive*** *strategier*
4. *Modellen skal gi rask og tydelig tilbakemelding om en er på rett vei*
5. *Modellen skal stimulere til konstruktive tankeprosesser som hjelper en til å løse oppdraget*
6. *For å løse oppdraget må publikum tilegne seg nyttige kunnskaper innen matematikk*
7. *Når de forlater modellen skal de vite at de har arbeidet med en matematisk problemstilling*

Med ***suksessive strategier*** menes her at det skal være mulig å komme helt til mål ved bruk av strategier som bygger på hverandre i en sammenhengende prosess. *Tilfeldig gjetting* er ikke en slik prosess.

La oss se på "Nærmest null" først.

### 2.9.1 "Nærmest null"

Som tidligere omtalt blir publikum utfordret til å lage to produkter med sifrene 0 – 9 som vist i eksempelet under:

*314* x *79* = 24806
*265* x *80* = 21200
3606

Sifrene i kursiv er "løse" og kan fritt plasseres i de to produktene. Oppgaven går ut på å plassere dem slik at differansen mellom produktene kommer så nær null som mulig, og helst helt ned til null. Det oppgis at det er 3.628.800 (10!) mulige permutasjoner av de 10 sifrene, og at det så langt er funnet ca. 50 løsninger som gir null.

Vi skal se på noen strategier for å løse oppgaven og i hvilken grad disse oppfyller våre kriterier for en rik modell:

### *Enkel ombytting*

Denne strategien forsøker ved enkel ombytting av to siffer å redusere produktet som er størst og/ eller øke produktet som er minst. Denne strategien utfordrer vår evne til å vurdere konsekvensen av å øke et av sifrene i et tall samtidig som et annet siffer reduseres i et annet (ev. samme) tall. Eksempelet under viser dette:

*341* x *79* = 26939
*256* x *80* = 20480
6459

Her ser vi at det øverste produktet er for stort og det nederste er for lite. Vi ser umiddelbart at vi kan redusere det øverste ved å bytte om på sifrene 4 og 1. Dette skulle redusere det øverste tallet med 27 x 79, eller ca. 2000. Likeså kan vi øke det nederste produktet ved å bytte om på sifrene 5 og 6, som vil øke produktet med ca. 9 x 80 som er drøyt 700. Vi ser at dette gjør at de to produktene nærmer seg hverandre med knapt 3000. Det er ikke nok, men et stykke på vei. Slik kan vi fortsette å gjøre enkle ombyttinger så lenge det er mulig. Senere blir det vanskeligere, og en må ev. foreta flere påfølgende ombyttinger for å oppnå redusert differanse, hvilket er en krevende øvelse.

### *Nabotall*

Siden differansen skal bli null, er det nærliggende å tenke at de to tallene til høyre i regnestykket må være så nær hverandre som mulig. Tilsvarende må tallene til venstre også være så nær hverandre som mulig, men i motsatt rekkefølge (se eksempelet over).

I eksempelet over har vi valgt nabotallene 79 og 80 til høyre. Vi legger fort merke til at vi ikke kan velge nabotall av typen 12 og 13, 25 og 26 eller 56 og 57 og lignende. Siden alle disse tallene gjenbruker ett av sifrene. Dermed ender vi raskt opp med tallkombinasjonene vist i rammen til høyre:. Flere enn disse finnes ikke (09 og 10, og 89 og 90 inneholder begge to like siffer).

| | |
|---|---|
| 19 og 20 | 59 og 60 |
| 29 og 30 | 69 og 70 |
| 39 og 40 | 79 og 80 |
| 49 og 50 | |

Det neste en kan tenke seg å gjøre, er å velge nabosiffer som første siffer i de to tallene til venstre i produktene. I eksempelet over er valgt tallkombinasjonen 3 og 2. Med det største tallet øverst (3) og det minste tallet nederst (2), etter som tallene til høyre har sitt minste tall øverst og sitt største tall nederst.

Vi kan så sette opp en tabell med alle mulige kombinasjoner avhengig av hvilke tall vi velger til høyre som vist i tabellen under.

| Mest signifikante siffer hos tallene til venstre | | | | | | | X | tall til høyre | Beste resultat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8<br>7 | **7**<br>**6** | 6<br>5 | 5<br>4 | 4<br>3 | \|<br>\| | \|<br>\| | X | **19**<br>**20** | 246 |
| 8<br>7 | **7**<br>**6** | 6<br>5 | 5<br>4 | \|<br>\| | \|<br>\| | \|<br>1 | X | **29**<br>**30** | 939 |
| 8<br>7 | **7**<br>**6** | 6<br>5 | \|<br>\| | \|<br>\| | \|<br>\| | 2<br>1 | X | **39**<br>**40** | 719 |
| 8<br>7 | 7<br>6 | \|<br>\| | \|<br>\| | \|<br>\| | **3**<br>**2** | 2<br>1 | X | **49**<br>**50** | 1134 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8<br>7 | \|<br>\| | \|<br>\| | \|<br>\| | **4**<br>**3** | 3<br>2 | 2<br>1 | X | **59**<br>**60** | 1088 |
| 8<br>\| | \|<br>\| | \|<br>\| | 5<br>4 | **4**<br>**3** | 3<br>2 | 2<br>1 | X | **69**<br>**70** | 1478 |
| \|<br>\| | | 6<br>5 | 5<br>4 | **4**<br>**3** | 3<br>2 | 2<br>1 | X | **79**<br>**80** | 3348 |

Det tallparet i mest signifikante siffer i tallene til venstre, som gir lavest verdi for differansen, er gjort fete og skrevet i rødt. De gjenværende fire siffer plasseres slik at tallverdien til tallene til venstre kommer nærmest mulig hverandre (i eksempelet 314 og 265). Det vil si at det øverste tallet, som skal være størst av de to, gjøres minst mulig (314), og det nederste tallet til venstre, som skal være minst, gjøres så stort som mulig (265). Dermed vil tallverdien til tallene bli så like som mulig under de nevnte forutsetningene. Dette vises i eksempelet omtalt innledningsvis.

246 er derfor det minste differansen som kan oppnås med denne strategien:

*734* x *19* = 13946
*685* x *20* = 13700
246

For å komme videre må man velge tall til høyre som ikke ligger nærmest hverandre. La oss før vi går videre se hvordan dette harmonerer med våre kriterier:

Alle kriterier unntatt nr. 3 synes å være oppfylt. Modellen gir umiddelbar respons, stimulerer til konstruktive tankeprosesser og krever at vi bruker matematiske kunnskaper, som f.eks. overslagsregning, forholdstall og posisjonssystemet. Man er heller ikke særlig i tvil om at det er matematikk man bedriver.

Så langt kan vi si at vi oppfyller alle kriteriene unntatt den tredje om at vi skal kunne klare å komme helt i mål ved å bruke ***en eller flere suksessive strategier.*** *Spørsmålet er derfor hvordan vi oppnår lavere verdier for differansen.*

En måte å gjøre dette på er å unngå lokale minimumspunkter.

### *Lokale minima*

Som vi erfarte klarte vi ikke å komme helt i mål med metoden foran. Dvs. at vi ikke er i stand til å komme lavere enn 246 ved hjelp av enkle ombyttinger. Vi sier at vi har nådd et ***lokalt minimumspunkt***. For å komme videre må vi flytte om på flere brikker og forlate tanken på at tallene til høyre skal komme etter hverandre.

Det er ikke vanskelig å tenke seg at det er mulig å oppnå null selv om avstanden mellom tallene til høyre øker. Det er bare å øke avstanden mellom tallene til venstre tilsvarende mye.

Det er imidlertid en langt mer krevende og tilfeldig øvelse å finne nullpunkter på denne måten. Dersom vi studerer listen over oppstillinger som gir null (se vedlegg B.2), vil vi oppdage at forskjellen mellom tallene til høyre kan være fra 4 til 72 eller kanskje mer. Med andre ord spredningen er stor. Umiddelbart synes det heller ikke som om det er noe tydelig system i forskjellen mellom disse tallene. Det kan bety at den beste måten å komme videre på er å velge tallene relativt tilfeldig for så å forsøke å minimalisere differansen derfra.

En fornuftig framgangsmåte kan derfor være:

- *Ta ut alle tallene og legg dem inn på en tilfeldig måte*
- *Bytt om to og to tall på venstre side av multiplikasjonstegnet slik at differansen nærmer seg null*
- *Dersom du oppnår et godt resultat uten å komme til null, noterer du oppstillingen og resultatet på en lapp og gjentar prosedyren foran*

Umiddelbart synes dette å være en lite tilfredsstillende måte å gjøre det på, da den fortsetter en *ikke* suksessiv prosess fra start til mål (null i differanse). Observasjoner av publikum viser da også at de fleste nekter å bryte opp en "god" løsning for å oppnå noe enda bedre. Hver gang de har gjort en endring og ser at den ikke gir den ønskede reduksjon i differansen, så går de tilbake til sin bestenotering. Etter hvert skaper den fastlåste situasjonen frustrasjon. I verste fall forlater de modellen.

For å hjelpe dem bort fra en slik situasjon, foreslår vi at de skal notere sitt beste resultat og blande brikkene og begynne på nytt. Siden deres beste oppstilling er notert, er det lav "risiko" ved å begynne på nytt. De kan alltid komme tilbake til sin tidligere bestenotering.

Ut fra dette resonnementet må vi konkludere med at modellen så langt ikke synes å ha oppfylt følgende krav:

- *Oppdraget skal kunne løses ved hjelp av en eller flere* ***suksessive*** *strategier*

Når *det* er sagt er den nevnte metoden med å bryte opp en god løsning for å begynne helt på nytt, en anerkjent matematisk metode i matematikken for å komme seg bort fra lokale minima. Den oppleves imidlertid ikke "riktig" i denne sammenhengen. Da tilfeldig prøving og feiling ikke faller inn under konstruktive tankeprosesser (eller gjør de det?).

### *Siste siffer likt*

En annen ting vi kan legge merke til er at i metoden omtalt foran så er siste siffer i tallene til høyre i produktet 9 og 0. Dvs. at det nederste produktet (685 x 20) vil alltid ende på '0', mens det øverste produktet (734 x 19) vil aldri ende på '0'. Om det skulle kunne skje så må tallet til venstre ende på null hvilket det ikke kan fordi '0'en' er brukt i tallet 20 (se eksempelet under). Vi vet også at skal vi kunne ende opp med en differanse lik null så må også siste siffer være likt.

*734* x *19* = 13946
*685* x *20* = 13700
246

Så hvilke siffer kan det være lurt å bruke i siste posisjon hos de to tallene? Her er ett eksempel:

*158* x *23* = 3634
*046* x *79* = 3634
0

Vi ser at 8 x 3 = 24 og 6 x 9 = 64, som begge har 4 som siste siffer. Vi vet altså at løsninger som gir en differanse på null har siste siffer i de fire tallene som multiplisert med hverandre to og to gir det samme siste siffer.

La oss sette opp den lille multiplikasjonstabellen og undersøke hvilke to siffer som multiplisert med hverandre gir produkter som henholdsvis ender på 0, 1, 2 og 3:

Produkter som ender på 0

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 3 | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 4 | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
| 5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| 6 | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 |
| 7 | 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 |
| 8 | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 |
| 9 | 0 | 9 | 18 | 27 | 26 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 |

Produkter som ender på 1

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 3 | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 4 | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
| 5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| 6 | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 |
| 7 | 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 |
| 8 | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 |
| 9 | 0 | 9 | 18 | 27 | 26 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 |

Produkter som ender på 2

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 3 | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 4 | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
| 5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| 6 | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 |
| 7 | 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 |
| 8 | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 |
| 9 | 0 | 9 | 18 | 27 | 26 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 |

Produkter som ender på 3

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 3 | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 4 | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
| 5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| 6 | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 |
| 7 | 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 |
| 8 | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 |
| 9 | 0 | 9 | 18 | 27 | 26 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 |

De resterende 6 tabellene finnes i vedlegg B.2. Under finnes alle kombinasjoner av tall som gir samme siffer på begge produktene. I praksis må vi minst ha to tallkombinasjoner som gir samme endesiffer. Dermed ser vi at ingen løsninger har produkter som ender på 1 og 9, mens sannsynligheten for å finne løsninger som ender på 0 er relativt stor. Vi må også sørge for å velge to tallkombinasjoner hvor alle siffer er ulike. Dermed vil ikke | 5·2 | og | 5·4 | være mulig siden 5-tallet er med i begge kombinasjonene.

***Ender på 0***: | 1·0 | 2·0 | 3·0 | 4·0 | 5·0 | 6·0 | 7·0 | 8·0 | 9·0 | 5·2 | 5·4 | 6·5 | 8·5 |

***Ender på 1:*** | 7·3 | (i praksis ingen)

***Ender på 2:*** | 2·1 | 4·3 | 6·2 | 8·4 | 6·7 | 9·8 |

***Ender på 3:*** | 3·1 | 9·7 |

***Ender på 4:*** | 4·1 | 6·4 | 7·2 | 8·3 | 9·6 |

***Ender på 5:*** | 5·1 | 5·3 | 7·5 | 9·5 |

***Ender på 6:*** | 6·1 | 3·2 | 8·2 | 9·4 |

***Ender på 7:*** | 7·1 | 9·3 |

***Ender på 8:*** | 8·1 | 4·2 | 6·3 | 7·4 | 8·6 | 9·2 |

***Ender på 9:*** | 9·1 | (i praksis ingen)

Når plasseringen av fire siffer er bestemt burde være enklere å plassere de seks siste slik at differansen blir null. Vi kan uttrykke prosedyren slik:

1. Velg to tallkombinasjoner som gir samme siste siffer i begge produktene
2. Dersom du velger 0 som siste siffer, så vil det være flere kombinasjoner som kan gi en differanse på 0 enn noen andre. Dessuten er bare tre siffer låst, siden det fjerne skal multipliseres med null og dermed vil gi null uansett hva det multipliseres med.
3. Minimaliser differansen ved å bytte om to og to siffer.
4. Om du ikke kommer helt til null, prøv en annen kombinasjon av tall som gir likt siste siffer i de to produktene.

Dersom vi studerer listen over de løsningene vi har funnet, så vil vi se at det kan være lurt å velge siffer som gir 0 i siste siffer i begge produkter. Hele 24 av det 47 kjente løsningene har produkter som ender på 0.

### *Forholdstall*

Forholdet mellom tallene til venstre i produktene er det samme som forholdet mellom tallene til høyre i produktene. En strategi kan derfor være å forsøke å plassere tallene slik at de nevnte forholdstallene blir så like som mulig.

Dette er imidlertid en vanskelig strategi som krever svært god evne til å gjøre overslag over forholdstallene.

### 2.9.2 Ut og fly – størst verdi”

Denne modellen har mye tydeligere strategi, som alltid vil nå fram til størst verdi om man går systematisk til verks.

Publikum skal ut å reise med fly og skal pakke kofferten. Det er vektbegrensning for bagasje på flyet og en får ikke med seg alle elleve gjenstandene. En må derfor gjøre et utvalg og har som kriterium at en skal velg gjenstander opp til 20 kg slik at verdien blir størst mulig.

### *Verdi pr. vektenhet*

Denne metoden går ut på først å velge de brikkene som har størst “egenverdi” (dvs. størst verdi pr. vektenhet). Dersom man gjør dette konsekvent vil man ende opp med følgende rekkefølge med tilhørende akkumulert vekt og verdi:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 kg | og | 100 kr: | 1 kg | 100 kr | 100 kr./kg |
| 5,5 kg | og | 500 kr: | 6,5 kg | 600 kr. | 90,9 kr./kg |
| 2,0 kg | og | 175 kr. | 8,5 kg | 775 kr. | 87,5 kr./kg |
| 6,0 kg | og | 500 kr. | 14,5 kg | 1275 kr. | 83,3 kr./kg |
| 1,5 kg | og | 125 kr. | 16 kg | 1400 kr. | 83,3 kr./kg |
| 5,0 kg | og | 400 kr. | 21 kg | 1800 kr. | 80,0 kr./kg |

Vi ser at denne strategien ga oss en overvekt på 1 kg. Vi må derfor inngå noen kompromisser for å optimalisere verdi i forhold til vekt. De gjenværende brikkene har følgende vekt og verdi

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3,5 kg | og | 250 kr. | 71,4 kr./kg |
| 2,5 kg | og | 175 kr. | 70,0 kr./kg |
| 4,0 kg | og | 250 kr. | 62,5 kr./kg |
| 4,5 kg | og | 250 kr. | 55,5 kr./kg |

I første omgang kan vi anta at den beste verdien oppnår vi med en vekt på 20 kg akkurat

Vi har nå følgende muligheter:

1. Det enkleste er å ta bort en brikke på 1 kg hvilket er fullt mulig.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5,5 kg | og | 500 kr: | 5,5 kg | 500 kr. | 90,9 kr./kg |
| 2,0 kg | og | 175 kr. | 7,5 kg | 675 kr. | 87,5 kr./kg |
| 6,0 kg | og | 500 kr. | 13,5 kg | 1175 kr. | 83,3 kr./kg |
| 1,5 kg | og | 125 kr. | 15 kg | 1300 kr. | 83,3 kr./kg |
| 5,0 kg | og | 400 kr. | 20 kg | 1700 kr. | 80,0 kr./kg |

Dette gir akkurat 20 kg og en total verdi på 1700,- kr.

2. Vi kan erstatte ***en*** av brikkene med en som har 1 kg lavere vekt.
   Vi kan bytte ut brikken på 5,0 kg med en brikke på 4,0 kg
   Da oppnår vi følgende:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 kg | og | 100 kr: | 1 kg | 100 kr | 100 kr./kg |
| 5,5 kg | og | 500 kr: | 6,5 kg | 600 kr. | 90,9 kr./kg |
| 2,0 kg | og | 175 kr. | 8,5 kg | 775 kr. | 87,5 kr./kg |
| 6,0 kg | og | 500 kr. | 14,5 kg | 1275 kr. | 83,3 kr./kg |
| 1,5 kg | og | 125 kr. | 16 kg | 1400 kr. | 83,3 kr./kg |
| 4,0 kg | og | 250 kr. | 20 kg | **1650 kr.** | 62,5 kr./kg |

   Vi kan bytte ut brikke på 5,5 kg med en brikke på 4,5 kg

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 kg | og | 100 kr: | 1 kg | 100 kr | 100 kr./kg |
| 4,5 kg | og | 250 kr: | 5,5 kg | 350 kr. | 90,9 kr./kg |
| 2,0 kg | og | 175 kr. | 7,5 kg | 525 kr. | 87,5 kr./kg |
| 6,0 kg | og | 500 kr. | 13,5 kg | 1025 kr. | 83,3 kr./kg |
| 1,5 kg | og | 125 kr. | 15 kg | 1200 kr. | 83,3 kr./kg |
| 5,0 kg | og | 400 kr. | 20 kg | **1600 kr.** | 80,0 kr./kg |

   Vi ser at ingen av disse løsningene kommer over 1700,-. kr

3. Vi kan også erstatte ***to*** av brikkene med en som har 1 kg lavere vekt
   Vi kan f.eks. bytte ut brikkene med 2,0 kg og 1,5 kg med en brikke på 2,5 kg

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 kg | og | 100 kr: | 1 kg | 100 kr | 100 kr./kg |
| 5,5 kg | og | 500 kr: | 6,5 kg | 600 kr. | 90,9 kr./kg |
| 2,5 kg | og | 175 kr. | 9,0 kg | 775 kr. | 70,0 kr./kg |
| 6,0 kg | og | 500 kr. | 15,0 kg | 1275 kr. | 83,3 kr./kg |
| 5,0 kg | og | 400 kr. | 20,0 kg | **1675** kr. | 80,0 kr./kg |

   Vi ser med andre ord at å erstatte *to* brikker med *en* brikke som er 1 kg lettere gir oss en verdi på 1675,- kr. Denne løsningen kommer likevel ikke opp til 1700,- kr.

Slik kan en resonnere seg fram til den riktige løsningen som er 20 kg og 1700,- kr. Modellen oppfyller derfor kravet om at oppdraget skal kunne løses ved hjelp av en eller flere **suksessive** strategier.

Selv om "Ut og fly – størst verdi" er en enklere modell enn "Nærmest null" så er det en modell hvor det er mulig å resonnere seg fram til løsningen. Matematikken i modellen er imidlertid ikke like tydelig som for "Nærmest null", den burde imidlertid vøre tydelig nok.

Inngangsterskelen er også noe høyere enn for "Nærmest null", selv om den er betydelig senket etter at tidskravet ble fjernet og det er langt enklere å forstå modellens "regi".

# 3 Metode

## 3.1 Valg av metode

I denne studien har vi valgt å kombinere kvantitativ og kvalitativ metode.

### 3.1.1 Kvantitativ metode

For å besvare det første forskningsspørsmålet:

- *Hvilke målgrupper appellerer utstillingen til og i hvilken grad når vi ungdomsgruppen med denne type modeller?*

... velger vi å benytte en kvalitativ metode. Dvs. vi gjør en enkel telling av hvem som besøker modellen og hvor lenge de blir der, før de forlater den. Som omtalt i neste avsnitt så teller vi opp antallet og beregner gjennomsnittlig besøkstid for hver gruppe.

### 3.1.2 Kvalitativ metode

De to andre forskningsspørsmålene er av en annen karakter:

- *I hvilken grad klarer utstillings-modellene å skape tankeprosesser hos de som arbeider med dem? Vi er spesielt interessert i å stimulere prosesser som øker publikums matematiske forståelse.*
- *Hvilke endringer bør gjøres med prototyp-utstillingene for at de endelige utstillingene skal kommunisere best mulig med publikum?*

Her har vi dels valgt å observere par eller enkeltpersoner som arbeider med modellen med hode-montert videokamera med lyd og dels ved hjelp av semistrukturert intervju i etterkant av utprøvningen. Siden kun 5 personer er observert og intervjuet på denne måten, er det riktigst å betrakte studien som en kasusstudie.

I følge Postholm (2010) så er *en kasustudie definert som utforskning av et "bundet system", et system som både er tids- og stedbundet. Fokus i en slik studie kan være et program, en hendelse, an aktivitet, et individ, en institusjon eller en sosial enhet*[1].

I vårt tilfelle vil kasusen være de to interaktive modellene og deres samspill med publikum utført vitensenteret som miljø i perioden oktober 2013 - juni 2014.

Videre vil studien danne grunnlaget for endringer som har til hensikt å gjøre utstillingsmodellene bedre i stand til å skape de ønskede tankeprosessene hos publikum. Den vil derfor få karakter av aksjonsforskning.

En kasusstudie vil dessuten gi oss mulighet til å....:

- *… studere samspillet mellom to som sammen løser modellenes oppdrag*
- *... lytte til det de sier for å få innsyn i tankeprosessene deres*
- *… studere hvordan de reagerer på modellenes "regi"*
- *… undersøke reaksjonene deres på spesielle egenskaper ved modellene ("regi", tidspress, konkurranse)*
- *… rangere modellene i forhold til hverandre og andre modeller*
- *… foreta dybdeintervju i etterkant for å få ytterligere innsyn i hvordan de tenker når de løser oppdraget*
- *… be om forslag til forbedringer*

1. Postholm (2010) side 50 (se også referanse til andre)

Det er modellens evne til å stimulere til konstruktive tankeprosesser hos brukerne som vil være avgjørende. Dermed er det samspillet mellom utstilling og publikummer som blir viktig. I så henseende kan denne studien kalles en instrumentell kasusstudie (Postholm 2010). Forskerens tolkning av det som gjøres og sies blir dermed særdeles viktig.

## 3.2 Datainnsamling

Uttestingen av modellene ble gjort i flere omganger og på mange forskjellige måter.

### 3.2.1 Laboratorietesting

Denne testinger ble delvis gjort i laboratoriet og hadde som hovedformål å fjerne åpenbare feil og mangler av teknisk art.

For modellen "Ut og fly – størst verdi", som ble plassert i utstillingen i april 2013, avslørte denne testen i hovedsak manglende belysning for de optiske sensorene, timing for tømming av bordet, tydeliggjøring av gjenværende tid og lignende problemer. De første to ukene etter at ble satt inn i utstillingen ble det dessuten gjort noen justeringer av programvaren slik den skulle fungere bedre.

For modellen "Nærmest null", som ble plassert i utstillingen i oktober 2013, ble det funnet en del feil i programvaren som medførte feil beregnede verdier. Dette skyldtes variabler med for kort ordlengde. Dette ble rettet opp før den ble satt ut i utstillingen. Senere ble magnetene festet med lim slik at de ikke skulle falle ut av sifrene.

### 3.2.2 Innledende observasjon med kamera (tidsmåling)

Hvor lenge publikum er ved en modell er et enkelt mål for hvor engasjerende modellen er (Humprey 2005). Ved samtidig å registrere alder i den grad dette er mulig, kan man få et mål for hvilken aldersgruppe modellen engasjerer. Videre kan en ved å registrere kjønn undersøke om modellen har ulik appell for kvinner og menn. Det kan også være interessant å se om modellen ofte besøkes av familier eller grupper (ev. 2 og 2), og om grupper oppholder seg lengre ved modellen enn enkeltpersoner. I så fall kan det være en indikasjon på om modellen stimulerer til diskusjon i en gruppe, eller om det er en typisk en-bruker-modell som krever stor konsentrasjon. Registreringen må være enkel, helst ved avkryssing i en tabell slik at registreringen går raskt.

Følgende er aktuelle observasjoner:

- Tid - fra - til - varighet
- Kjønn M(ann) - K(vinne)
- Alder - B(arn) - U(ngdom) - V(oksen)
- Returnert - Ja
- Kommentarer

En vanskeligere oppgave er å registrere hva som gjøres, dvs. hvilken strategi deltagerne bruker for å løse oppgaven. Dette blir en annen type observasjon enn slavisk registrering av enkle fakta og vil sannsynligvis også kreve at man lytter til hva som blir sagt. Til dette har vi benyttet hodemontert kamera som vi skal komme tilbake til senere.

### 3.2.3 Observasjon med tilstedeværelse i utstilling, og påfølgende intervju

Ved å plassere seg strategisk nær modellen er det mulig å følge med hva som skjer. Siden våre to fokusmodeller er plassert i en nisje er dette svært vanskelig. Viktig informasjon kan imidlertid framkomme dersom en ber publikum om en kort kommentar idet de forlater modellen. Et nærlig-

gende spørsmål er om de ganske kort kan beskrive utstillingsmodellens problemstilling og oppdrag. Dette tar ikke lang tid og kan være ganske informativt.

#### 3.2.4 Observasjon og lytting til samtaler med stasjonært kamera

Ved å montere et stasjonært kamera i taket over modellen får en full innsikt i hvordan publikum bruker modellen. Siden kameraet er plassert i taket over modellen vil en kunne gjøre opptak uten å spørre den enkelte om lov, siden gjenkjenning er omtrent umulig siden ansiktet ikke er synlig. Det er imidlertid flere ulemper med dette arrangementet. Blant annet er en ikke istand til å se ansiktsuttrykkene til publikum, men de arbeider med modellen. Det er dessuten svært vanskelig å oppfatte hva de sier, spesielt når det er mange andre i utstillingen.

#### 3.2.5 Observasjon og lytting til samtaler med påfølgende intervju, med hodemontert kamera

Dette er en meget god måte å observere bruken av modellen på. Man kan hele tiden registrere hvor kamerabæreren retter blikket og lydopptakene blir akseptable om det ikke er alt for mye støy i utstillingen. Vi lot to og to gå sammen, hvor den ene bar kamera. Det var da mulig å registrere hva begge sa.

Etter at de hadde jobbet seg gjennom begge modellene, lot vi dem intervjue mens vi alle sto ved modellen. Dermed kunne de vise på utstillingsmodellen hvordan de hadde tenkt. Intervjuene var semistrukturerte og følgte en enkel intervjuguide i seks punkter (se vedlegg C.1 på side 125). Ved påfølgende transkribering av samtalene fikk vi godt inntrykk av hva som skjedde og også mange hint om hvordan de tenkte under veis. I tillegg kunne vi registrere hvordan deltagerne utviklet forståelsen av modellen, samtidig som vi kunne studere rollefordelingen mellom de to aktørene.

En må imidlertid tenke seg grundig om før man gjør lange opptak som skal transkriberes. Ca. 10 min. opptak, tar typisk 4 timer å transkribere.

#### 3.2.6 Diskusjon i referansegrupper o.a.

I starten av prosjektet ble det planlagt å danne en referansegruppe med deltagere fra Skolelaboratoriet (NTNU), Vitenskapsmuseet og Vitensenteret. Da prosjektet ble så tett knyttet til videreutdanningskurset i Vitensenterdidaktikk undervisningsåret 2013/14, ble bruken av denne referansegruppen tonet ned på bekostning av økt aktivitet i diskusjonsgrupper på kurset og andre fora.

Modellene er presentert ved:

- ECSITE 2012, Toulouse 29. – 2. juni
- Konferanse for teknikere ved norske vitensentere 14. – 15. nov. 2013
- Videreutdanningskurset i Vitensenterdidaktikk, 2. samling Teknisk museum, Oslo 2. – 3. des. 2013
- Prosjektmøte Abel-prosjektet, Vitensenteret Innlandet, Gjøvik 6. – 7. feb. 2014

### 3.2.7 Oversikt over observasjoner og opptak

Tabellen under gir en oversikt over hvilke observasjoner og status for analyse av resultatene, som det framgår er ikke alt analysert.

**Tabell 1 Oversikt over observasjoner og opptak**

| Aktivitet | Dato | Metode | Omfang | Status | Analyse |
|---|---|---|---|---|---|
| Innledende observasjon UoF | 26.10.13 | Tilstede i utstillingen | 1 t | Utført (Nils Kr.) | Oppsummert (Nils Kr.) |
| Innledende observasjon av NN | 09.11.13 | Stasjonært kamera (Ikke opptak) | 1,5 t | Utført (Innleid) | Oppsummert (Nils Kr.) |
| Observasjon engasjement NN | 17.11.13<br>18.11.13 | Stasjonært kamera (Ikke opptak) | 2 x 2 t | Utført (Innleid) | Analysert (Nils Kr.) |
| Observasjon i mekanikkrom innleid | 14.11.13 | Tilstede i utstillingen | 40 min. | Utført (Nils Kr.) | Oppsummert (Eva) |
| Observasjon og intervju<br>UoF og NN<br>Opptak av to jenter vgs | 14.11.13 | Mobilt kamera/ Opptak/ Tilstede | 35 min | Utført Transkribert (Nils Kr.) | Analysert (Nils Kr.) |
| Observasjon engasjement UoF | 30.11.13<br>01.11.13 | Stasjonært kamera (Ikke opptak) | 2 x 2 t | Utført (Innleid) | Analysert (Nils Kr.) |
| Observasjon og intervju<br>UoF og NN<br>Opptak med to gutter (arbeidsuke) | 10.12.13 | Mobilt kamera /Opptak/ Tilstede | 30 min | Utført/ Transkribert (Nils Kr.) | Analysert (Nils Kr.) |
| Observasjon og intervju<br>UoF og NN<br>Opptak med to gutter (arbeidsuke) | 10.01.14 | Mobilt kamera /Opptak/ Tilstede | 30 min | Utført (Nils Kr.) | Ikke analysert |
| Observasjon av engasjement UoF | 21.02.14 | Stasjonært kamera | 1 t | Utført (Nils Kr.) | Ikke analysert |
| Intervju om UoF og NN<br>Opptak med en jente (arbeidsuke)<br>Etter endring av modeller | 22.04.14 | Mobilt kamera /Opptak/ Tilstede | 15 min | Utført Transkribert (Nils Kr.) | Analysert (Nils Kr.) |

Tabellen burde være stort sett selvforklarende. Arbeidsukeelevene er fra 9. trinn og dels engasjert ved Vitensenteret og dels ved Skolelaboratoriet.
UoF – *"Ut og fly – størst verdi"*
NN – *"Nærmest null"*

## 3.3 Utstyr

### 3.3.1 Stasjonært kamera

Som stasjonært kamera ble valgt et trådløst IP-kamera fra D-Link[1] med følgende spesifikasjoner:

- *Trådløst, via LAN*
- *Video og lyd*
- *Opptak kun av bevegelig mål*
- *SD-kort*
- *IR nattlys, rekkevidde 5 m*
- *Pris ca. kr. 1350,-*

Kameraet fungerte godt, men krever naturlig nok tilstrekkelig god nettforbindelse for å unngå hakking. Dette ble spesielt plagsomt ved bruk av lyd. Denne ble derfor aldri brukt.

### 3.3.2 Bærbart kamera

Som bærbart kamera ble valgt et GoPro Hero 3 med åpen ramme og hodestropp:

- *Vidvinkel*
- *MiniSD-kort, 32 Gbyte (med noe redusert kvalitet 2,5 t)*
- *God lyd*
- *God videokvalitet 12 Mpix (maks.)*
- *Spesielt lysfølsomt*
- *WiFi m/fjernstyring*
- *Rammemontasje for hodestropp*
- *Pris ca. kr. 4000,-*

Dette kameraet har fungert upåklagelig. Den åpne rammen ble valgt for oppnå maksimal lydkvalitet. Vi valgt minste oppløsning og kunne da gjøre ca. 2,5 timer opptak uten å tømme SD-kortet.

1. D-Link DCS-2132L/E Wireless Cloud Camera (kr. 1349,-)

# 4 Resultater

I dette avsnittet skal vi se på noen av resultatene som ble oppnådd.

## 4.1 Innledende observasjoner med tilstedeværelse:

Denne observasjonen ble gjort i utstillingen ved at observatøren satt på en stol nær installasjonen "Ut og fly – størst verdi". Da publikum var i ferd med å forlate modellen ble de stoppet og spurt om de kunne forklare hva oppgaven gikkut på. Dette var det første som ble gjort av undersøkelser av bruken av disse utstillingene.

Hovedhensikten med denne innledende observasjonen var å få et inntrykk av om publikum forsto hensikten med utstillingsmodellen og om de hadde oppfattet hva oppdraget gikk ut på. Vi oppdaget da at i løpet av en time var det kun to som hadde skjønt hva oppgaven egentlig gikk ut på, de fleste oppfattet at man skulle legge på brikker slik at man oppnådde 20 kg, men hadde ikke skjønt at verdien av gjenstandene også var endel av oppgaven.

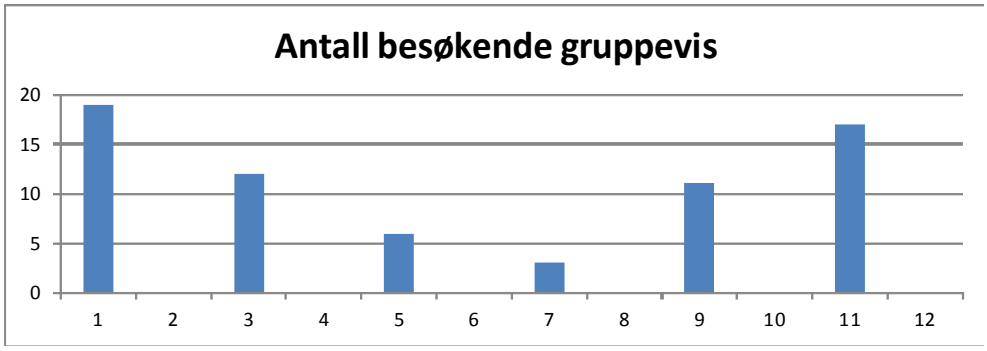
Årsaken til denne massive misforståelsen var at det i overskriften het: "STØRST *VEKT* OPP TIL 20KG", men at det egentlig skulle ha stått: "STØRST *VERDI* OPP TIL 20 KG".

Konklusjonen var at selv med en enkel undersøkelse av denne typen, kan man få ett relativt godt inntrykk av hvordan en modell fungerer og, som tilfellet, luke ut feil og uklarheter som gjør at budskapet ikke kommer fram.

Vi skal nå hvordan vi utvidet omfanget av undersøkelsene slik at vi kunne få en dypere forståelse av hvordan de to modellene fungerte over for publikum.

### 4.1.1 Observasjon av engasjement – "Nærmest null"

Observasjonene ble foretatt lørdag 11:32 - 13:30, 16. nov. 2013 og søndag 11:30 - 13:58, 17. nov. 2013 (totalt 4 t og 26 min.) I løpet av denne tiden var det 68 stk. som besøkte modellen. Gjennomsnittlig besøkstid for alle gruppene er: 135,9 sek (2 min. 16. sek). Disse fordelte seg slik mellom alder og kjønn:

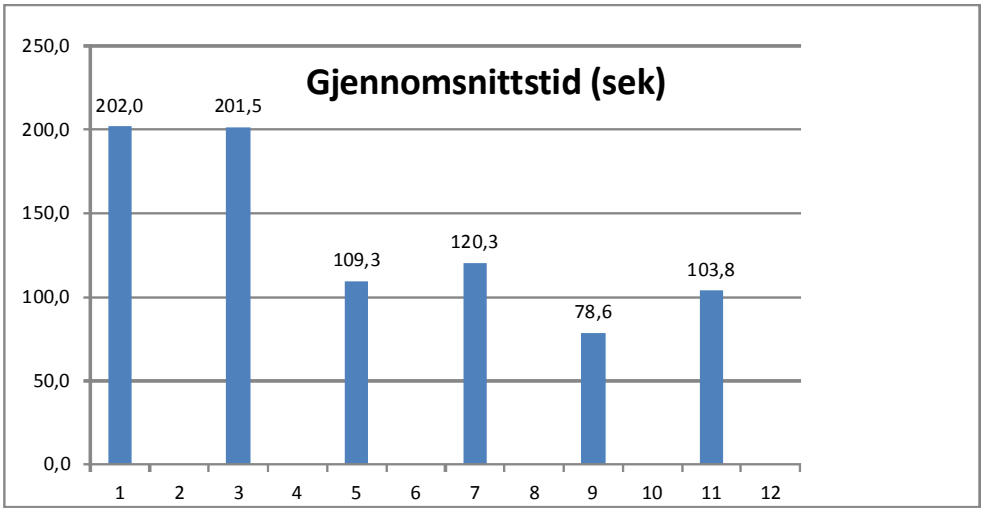



1 – VM (Voksne menn), 3 – VK (Voksne kvinner), 5 – UM (Unge menn), 7 – UK (Unge kvinner), 9 – BM (gutter) og 11 – BK (jenter).

***Kommentar:***

Som vi ser så er det flest menn (1 – VM) som har brukt modellen, deretter kommer overraskende nok, jenter (11 – BK). Det er færrest kvinnelige ungdommer (3 stk) (7 – UK) som bruker modellen.

Den neste figuren viser gjennomsnittstiden for hver gruppe. Denne er kanskje mer interessant, siden antallet besøkende innen hver gruppe naturlig nok vil være avhengig av fordelingen av de ulike kategoriene som besøker utstillingen disse dagene, data som ikke var tilgjengelig for den perioden da undersøkelsen ble gjennomført.



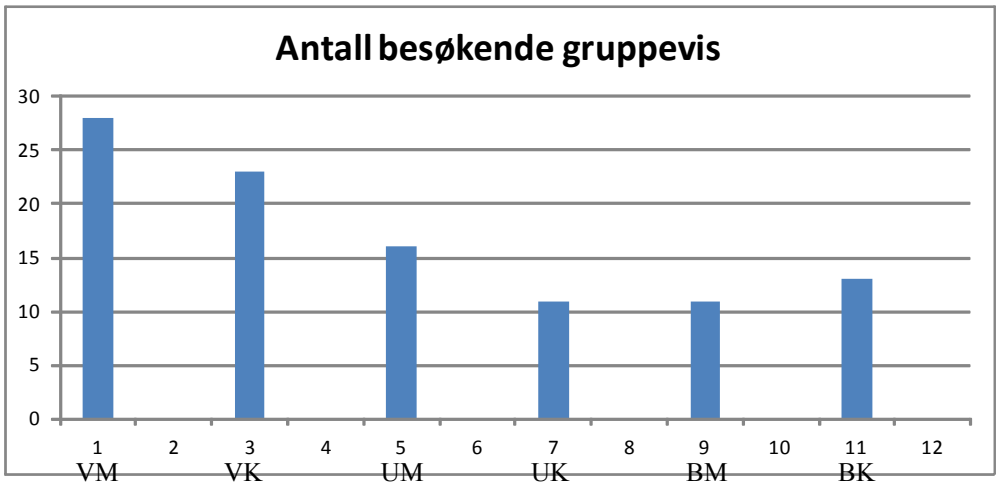

1 – VM, 3 – VK, 5 – UM, 7 – UK, 9 – BM og 11 – BK.

***Kommentar:***

Vi ser at gjennomsnittet for voksne kvinner (3 – VK) og voksne menn (1 – VM) er omtrent helt likt. Hver gruppe har i gjennomsnitt vært ved modellen i ca. 3 min 20 sek. Ungdommene: Ca. 1 min. 50 sek. (5 – UM) og 2 min. 0 sek. (7 – UK), mens barna har vært der 1 min 18 sek. (9 – BM) og 1 min 44 sek. (11 – BK), hvilket må sies å være relativt høye tall. Den enkeltpersonen som var ved modellen lengst, var der 9 min. 28 sek. (1 – VM). Gjennomsnittet for alle grupper er: 2 min. 16 sek. (68 besøkende), hvilket ikke er så galt, men kunne vært bedre. Siden dette er en typisk "voksenmodell" er det kanskje riktigere å regne gjennomsnittet hos denne gruppen som er ca. 3 min. 20 sek.

### 4.1.2 Observasjon av engasjement – "Ut og fly – størst verdi"[1]

Observasjonene ble foretatt søndag 11:33– 13:49, 14. sept. 2014 og søndag 11:41 – 13:55, 21. sept. 2014 (totalt 4 t og 30 min.). I løpet av denne tiden var det 102 stk. som besøkte utstillingen. Ca 1/3 var enslige, mens 2/3 var to, tre eller fire sammen. Disse fordelte seg slik mellom alder og kjønn:




28 – VM, 23 – VK, 16 – UM, 11 – UK, 11 – BM og 13 – BK.

Uten å se på signifikans så kan det se ut som om dette er en utstillingsmodell med større appell til voksne, og da spesielt menn. Dette forutsetter at besøkstallene er jevnt fordelt over aldersgruppene, hvilket vi ikke vet.

***Kommentar:***

Det ble også undersøkt hvordan de besøkende brukte utstillingen. Følgende kategorier ble definert:

1. Bare innom og ser
2. Skjønner ikke modellen/leser tekst
3. Bruker utstillingen som "putteboks"
4. Forsøker å oppnå 20 kg uten tanke for verdien
5. Først gal bruk, deretter riktig bruk
6. Riktig bruk – størst verdi uten overvekt.

Dersom vi slår sammen gruppene 1 og 2, 3 og 4, 5 og 6 kan vi sette opp følgende resultater:

*1 – 2 = 20 besøkende*

*3 – 4 = 21 besøkende*

*5 – 6 = 61 besøkende*

Vi ser at 61 av 102 (59,8%) bruker etterhvert utstillingen riktig, mens 41 av 102 (40,2%) bruker den aldri riktig.

Av de 102 så opptrådte disse i følgende grupper:

*29 x 1 (enslig)*

*16 x 2 (to sammen) av disse var det 6 grupper som besto av voksne og barn*

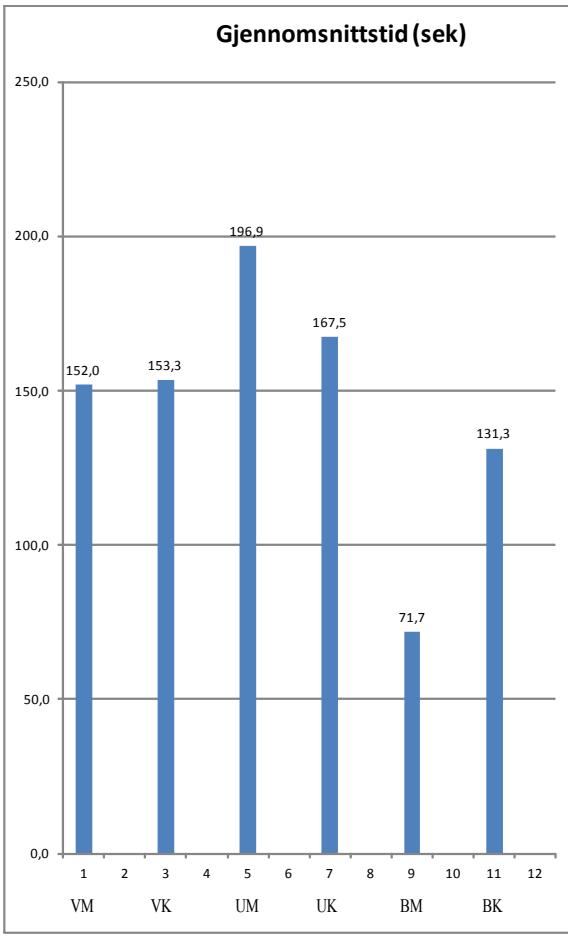
1. Dataene er samlet inn av masterstudent Torun Vaagland Stav ved hjelp av et stasjonært kamera.

*11 x 3 (tre sammen) av disse var det 7 grupper som besto av voksne og barn*

*2 x 4 (fire sammen) av disse var det 1 gruppe som besto av voksne og barn*

Den neste figuren viser gjennomsnittstiden for de ulike gruppene:

152,0 – VM, 153,3 – VK, 196,9 – UM, 167,5 – UK, 71,7 – BM og 132,3 – BK.




***Kommentar:***

Denne figuren viser gjennomsnittstiden for hver av gruppene. Det kan være vanskelig å si noe spesifikt om de enkelte gruppene siden det ofte var både voksne og barn som sammen utforsket utstillingen. Vi ser at gjennomsnittstiden for voksne er på henholdsvis VM/VK = 2 min 32 sek/33,3 sek. Vi legger også merke til at gjennomsnittstiden for ungdom er høyere en voksne UM/UK = 3 min 16,9 sek/2 min. 47,5 sek. Dette er relativt overraskende da en skulle tro at voksne var mer tålmodige enn ungdom. En hypotese kan være at voksne ofte er sammen med barn, mens ungdom er for seg selv og dermed får mer ro.

## 4.2 Observasjon og intervju av ungdom som bruker modellen to og to

Utprøvingen foregikk ved at elevene først brukte de to utstillingsmodellen for deretter ved å intervjue dem fikk fortelle hva de opplevde da de brukte modellene.

Beskrivelsen er organisert slik:

**Tabell 2 Oversikt over presentasjon av observasjon og dybdeintervju**

| Hvem | Hva | Hvordan | |
|---|---|---|---|
| Jentene O og I | *Ut og fly – størst verdi* | Observasjon | I bærer kamera |
| | | Dybde intervju | |
| | *Nærmest null* | Observasjon | |
| | | Dybde intervju | |
| Guttene A og J | *Ut og fly – størst verdi* | Observasjon | J bærer kamera |
| | | Dybde intervju | |
| | *Nærmest null* | Observasjon | |
| | | Dybde intervju | |

### 4.2.1 To jenter – O og I (Vg3)

Først skal vi undersøke hvordan jentene O og I utforsket de to fokusmodellene. Begge er jenter som går siste året på videregående skole. O er godt kjent med utstillingen på forhånd, mens I kjenner ikke utstillingen spesielt godt.

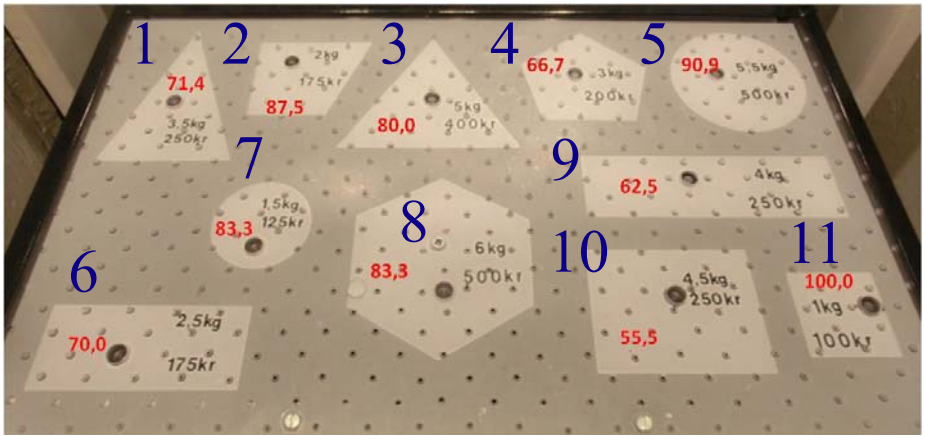
Først gikk de en runde i en avgrenset del av utstillingen hvor de to aktuelle modellene var en del av utvalget. Deretter ble det gjennomført et kort innledende intervju hvor de blant annet ble spurt om de kunne angi tre modeller de likte spesielt godt. Det viste seg da at "Nærmest null" kom ut som en klar vinner av mellom 30 og 40 interaktive utstillingsmodeller.

Dernest tok I på seg hodekamera og de jobbet spesielt med modellene "Ut og fly – størst verdi" og "Nærmest null" i nevnte rekkefølge. De var dermed blitt litt kjent med de to modellene før de startet.

Til slutt gjennomførte vi et dybde intervju.

#### *"Ut og fly – størst verdi" - observasjon*

Figur 4.1 viser hockey-bordet ("kofferten") hvor gjenstandene skal legges. Forholdstallene mellom verdi og vekt (røde) står ikke på bordet, men er lagt inn i figuren for å gi oversikt. Brikkene er også nummerert slik at de er lettere å referere til.




*Figur 4.1 Hockey-bordet med påtrykt vekt og verdi. Nummereringen og forholdstallene er bare på figuren.*

#### *... om å oppdage at det er forholdet mellom verdi og vekt som er viktig*

*Tankeprosesser:*
*- Bygge forklaringer og tolkninger*
*- Gjør forbindelse/koblinger*

Siden O og I kjenner modellen "Ut og fly – Størst verdi" fra tidligere, er de ikke i tvil om hvordan de skal angripe problemstillingen og starter umiddelbart. Det er derfor lite *"undring og observasjon"* mht. å finne ut hvordan modellen fungerer.

> *I... Ja vi kan jo prøve den koffertgreia...*
>
> *I... ja da må vi prøve å få til... mest verdi da...*
>
> *O... og maks 20 kg...*
>
> *I... Ja... Ok da må trykke på start først da*
>
> *I... så maks verdi den er jo 500* (8) *så kan vi ta den med en gang*
>
> *O... denne blir jo mindre da 5,5* (5)*... og like mye verdi*

*I... Ja... OK... denne er jo denne her m..m eller den ... ja* (5)

Vi legger merke til at de har forstått at det handler om størst verdi og maks. 20 kg. Imidlertid legger vi merke til at O har et noe mer reflektert forhold til hvilke valg som er lure. Når I ønsker å velge sekskanten (8) for den er verdt hele 500 kr, så korrigerer O henne med å foreslå rundingen øverst til høyre (5), da denne har samme verdi (500 kr.), men er lettere (5.5 kg). *Dette tyder på at O har skjønt at det er forholdstallet som er viktig.*

O bruker det samme argumentet for de neste trekkene:

*O... også den da* (peker på trekanten lengst til venstre (1))
*fordi den har like mye verdi som den* (peker på den lengst til høyre (9))

*I... sånn* (legger på trekantet brikke lengst til venstre (1))*... den er jo...* (peker på den lille runde til venstre (7))

*O... vent da*

*I... den er jo 5 kg og 400...*(peker på likesidet trekant (3))*... mens den er jo 6* (peker på sekskant (8))*... den er jo 400* (peker på likesidet trekant (3))*... vi kan jo godt ta den da*

*O... vi må kjappe oss* (ser på gul lampe som viser tiden)

*I... ja*

*O... det ble 5...*

Vi ser at de resonnerer fornuftig ved å se på forholdet mellom verdi og vekt. Denne prosessen må kunne knyttes til å "bygge forklaringer og tolkninger". Siden de er i stand til å benytte kunnskapen om forholdstall (verdi/vekt), så må vi kunne si at de "gjør forbindelser/koblinger" dog ikke mot erfaringer utenfor modellens lukkede univers.

Så blir de stresset... "vi må kjappe oss".

***... om la seg stresse av at tiden renner ut***

*Tankeprosess:*
*- Resonnerer basert på evidens*

*I... skal vi ta den trekanten... den på 5 kg og 400?* (legger på stor likesidet trekant (3))

*O... ja*

*I... 3 og 200* (peker på lang til høyre (9))*...*
*også skal vi ta den på 6 da?* (sekskantet figur (6))

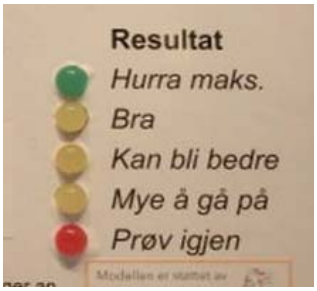
*O... tida går ut snart*

*I... ja... skal vi ta den på 6 da... da blir det akkurat 20 kg... så får vi 500 i verdi*

*O... greit*

*I... også sjekk* (begge peker på sjekk-knappen)

*I... Bra!... Da fikk vi...*




En kan si at de også "resonnerer basert på evidens" siden de etter at de har lagt alle brikkene på plass, trykker Sjekk-knappen, for å se hvor godt de har lyktes. De oppnår "Bra", som må sies å være nettopp det, selv om det ikke er helt til topps.

Det er vanskelig å si om tidspresset påvirker evnen deres til å lykkes 100%. De resonnerer fornuftig hele veien ut fra forutsetningen om at de kun foretar overslag og ikke beregner eksakte forholdtall.

De blir inspirert til å gjøre et forsøk til.

***... om å ta kontroll over modellen***

*Tankeprosess:*

*- Undrer og stiller spørsmål*

Når de har sjekket resultatet, ønsker de umiddelbart å begynne på nytt. De tar selv og skyver alle brikkene ned i oppsamlingsrommet foran i kofferten.

> *O... Skal vi prøve den en gang til?*
>
> *I... har vi tida til det?* (henvendt til oss)*... Ja vi kan gjøre det.*
>
> *O...* (rydder bordet med hånda før tiden er gått ut. Prøver å starte før modellen er klar til å starte på nytt)
>
> *I... OK...Ja...mmmmmmm* (modellen avslutter og er klar på nytt)
>
> *O... trykket du på start nå?*

Vi ser at de er utålmodig etter å komme i gang og rydder selv bordet. De ønsker å ta kontroll over modellen og blir litt hindret av at modellen må gjøre seg helt ferdig med de avsluttende prosedyrene fra første runde før den gir dem mulighet til å trykke START-knappen på nytt.

> *I... nei... vent litt... ok trykk på start* (må vente på modellen)

Her nøler I med å trykke på START-knappen. Dette kan være en antydning om at hun ser muligheten for å se på oppgaven i ro og mak før tiden starter å løpe (trykker START-knappen). Hvorfor hun ombestemmer seg er vanskelig å vite. Siden modellen har en START-knapp så oppfatter de det slik at den *skal* trykkes ved start. Dette står også antydet i den beskrivende teksten: "Trykk Start når du er klar". Det kan se ut som om modellen også styrer dem på dette punktet. I og for seg er det ingen ting i veien for at de kunne ha ventet med å starte og lagt på brikkene i ro og mak. De ville ikke sett akkumulert vekt og verdi på displayet, men måtte ha regnet i hodet. Dette vanskeliggjøres ved at brikkene skjuler vekt og verdi når brikkene er lagt på plass. En opplagt forbedring vil derfor være å merke brikkene slik at publikum ikke mister denne informasjonen så snart en brikke er lagt på plass på "hockey-bordet".

***... om å streve med å finne de rette brikkene***

*Tankeprosesser:*

*- Observere nøye og beskrive hva som er der*

Vi legger også merke til at når de føler på tidspresset så erfarer de også problemer med å finne ønskede brikker fort nok. Disse ligger i oppsamlingsrommet foran i kofferten.

> *O... også...*
>
> *I... da har vi 9 kilo og 750*
>
> *O... den her også* (peker på trapes (2) opp til venstre som har høy egenvekt (87,5))

*I... å skitt... hvor er den da?* (tar opp femkant, legger den tilbake igjen før hun finner den riktige, legger trapeset (2) på plass)

*I... 11 kilo og 925...det er jo det vi hadde i sted... også... 2,5 kilo og 175 da* (peker på rektangel nede til venstre) *hvis??? desto mer vi får da og... nå er tida snart ute... hvor mange har vi?... prøv den... ta den med 200* (peker på femkanten... tar fram fem- og sekskant)*... den lille.*

For lettere å gi publikum oversikt over brikkene synes det fornuftig å la dem ligge flatt nederst på "hockey-bordet" når bordet er ryddet. Dermed vil alle brikkene ligge synlige og er lett å finne. Dette krever noe mer plass, men burde gjøre modellen både mer funksjonell og lettere å produsere.

***... om å ta lærdom fra tidligere oppdagelser***

*Tankeprosesser:*

*- Resonnerer basert på evidens*

En skulle tro at de hadde lært etter tre runder med modellen. Det tror de selv også:

*I... skal vi prøve en siste gang da* (I trykker på start)*... for da vet vi hva vi skal ha... vi skal ha den* (I legger på trekant øverst til venstre (1) og O legger på rundingen (5) øverst til høyre (90,9), de har bestemt seg for at dette er lurt. Men trekanten til venstre er kanskje ikke det lureste (71,4))

*I... så skal vi ha den* (I legger på trapes og... O legger på femkant)*... og så skal vi ha den...*

*O... her* (O legger på langt rektangel til høyre (62,5))

*I... ja... og så kan vi ta den der* (peker på lite kvadrat nederst til høyre (11))*... eller... nr 21* (peker på rektangel (6) nederst til venstre)

*O... vi har to igjen...*

*I...* (legger på liten runding (7) til venstre - 19,5 kg og 1500, dette er lurt (83,3))*... sånn og så prøver vi sjekk* (I trykker på sjekk-knappen gir ikke respons første gang. Trykker en gang til og får respons "Kan bli bedre")

*I og O... Nei da ble det bedre i sted* (snur seg bort og vil forlate modellen).

De aner at det er lurt å velge stor egenverdi (verdi/vekt), men tar ikke konsekvensen av det fullt ut, for hadde de det ville de ha valgt 1 kg/100 kr (100,0). Dette kan skyldes stress eller at overslagene blir for upresise. SJEKK-knappen responderer dessuten ikke med en gang.

Vi legger merke til at det er vanskelig å tolke det de sier fordi det er så fragmentert og krever at man samtidig ser hva de gjør.

***Dybdeintervju:***

Intervjuet er semistrukturert og tar utgangspunkt i intervjuguiden i vedlegg C.1.

***... om å skjønne oppdraget***

O og I forklarer hva problemstillingen er og hvordan modellen virker. Det ser ut til at de har god kontroll på modellen. De har også skjønt at det er lurt å velge den letteste av to brikker som har samme verdi:

*O... jeg tenkte at det skal være maks. 20 kg, og da tenkte jeg at den her og den her har like mye verdi, men denne veier mindre... også den og den har like mye verdi, men veier mindre.*

Men det tok litt tid før I skjønte dette:

*I... ja, men forsto ikke helt (fra) starten fordi jeg da ville sette på de største og liksom at det var om å gjøre å sette på mest mulig kg... at du skulle komme deg opp mot 20 kg. Jeg tenkte ikke på verdien i det hele tatt... egentlig... så... ja*

Det kan se ut som om det er krevende å håndtere to parametere samtidig, vekt *og verdi*. O har imidlertid skjønte dette, men har litt problemer med å sette ord på det:

*O... men det står jo her da...* (peker) *slik at verdien blir størst mulig... og verdi med tykke bokstaver... men ikke over 20 kg... altså... da tenkte jeg at det skal ha mest mulig verdi... også... nei... jeg tenker at verdien... også så skal... og så ser jeg på verdien da... og så på vekta*

### *... om at oppdraget skal løses på tid*

Jentene antyder at det er for knapt med tid og at de blir stresset av at tiden går:

*NKR... Hva synes dere om at modellen har en slik tidsbegrensning?*

*O...det går for fort*

*NKR... Det går for fort?*

*I... ja jeg synes det går litt for fort i forhold til... nei... det er faktisk ganske mange [brikker] i forhold til hvor fort du klarer å tenke... så egentlig om det har vært færre så hadde det vært greit med den tida det har vært, men nå er det jo 11 stykker...*

*O...men det hjelper jo ikke med tida... for går den ned så tar vi jo bare på den samme igjen når vi starter på nytt*

I mener altså at det er for kort tid til så mange brikker, men O har skjønt at egentlig er det jo bare å starte på nytt, med den kunnskapen man har ervervet i forrige omgang. Hun har også antydet at en kan begynne å legge på brikker før en starter, dermed får man et forsprang på modellen.

*O... jeg blir stresset av tida... jeg tror kanskje vi tenkte litt for mye*

Her er det fristende å trekke den slutningen at O ønsker å tenke seg grundig om og resonnere seg fram til en løsning. Da kommer hun imidlertid i konflikt med tidsbegrensningen, derfor konkluderer hun at hun tenker for mye.

### *... om hvor attraktiv de synes modellen er*

Vi ber jentene å gi modellen et terningkast:

*I... denne er jo veldig forståelig da... veldig forståelig og på en måte...*

*O... hva som er meningen å gjøre*

*I... hva som er meningen å... så det er jo veldig bra... oppgave da egentlig... sooå*

*NKR... Hvis dere føler på deres innerste... liksom sånn...*

*I... 5 eller 5,5...jaaa*

*NKR... Såpass?*

*I... jeg synes det er en veldig bra modell... den er jo... ja... den er jo dette Abels-greia... det er jo sånne matematisk greier... så det er jo veldig bra for å styrke dine matteegenskaper for så vidt*

I har oppdaget at modellen er støttet av Abel-fondet og at det handler om matematikk, dermed synes det som om dette "pr. definisjon" er en fornuftig og god modell. Det kan synes som om de gir det "riktige" svaret uavhengig av hva de selv innerst inne føler for modellen.

***... om modellens autentisitet***

*Tankeprosess:*

*- Gjøre forbindelser/koblinger*

Så spør vi om de forbinder modellen med noe de ellers har sett:

> *NKR... Forbinder dere modellen med noe... det gjør dere selvfølgelig... muligens?*
>
> *O... når du skal... nei...*
>
> *NKR... Dere ser jo hva det er for noe – det er en koffert og dere skal ut å reise osv.... Men hvilken betydning har det at den er knyttet til noe som en kan finne igjen utenfor dette vitensenteret?*
>
> *I... nei du lærer deg å kjenne litt mer på... nei jeg vet ikke jeg... jeg vet egentlig ikke helt jeg*
>
> *O... mener du ut?*
>
> *NKR... Ja dette er jo på en måte en realistisk situasjon...*
>
> *I... når du pakker en koffert da... men da tenker du ikke over hvor mange kg du... du må jo tenke på hvor mange kg den er, men altså... når du drar hjem fra ferien så driter du egentlig litt i det.*
>
> *O... jeg gjør ikke det*
>
> *NKR... Tar sjansen?*
>
> *O... jeg har veldig mye med tilbake*
>
> *I... som regel... alle har jo som regel mye mer med tilbake*
>
> *O... så jeg må ha mye mere plass*
>
> *I... men jeg har med så mye når jeg drar også, så jeg har alltid overvekt så*

Samtalen gir inntrykk av at autentisitet ikke betyr så mye, de er tydeligvis opptatt av å løse problemstillingen der og da. Det kan dessuten se ut til at vekt ikke er noe man tenker på når man reiser, men kan bli en utfordring på hjemturen.

***Oppsummering:***

Tidsfaktoren stresser dem og hindrer dem i å resonnere i ro og mak. Autentisitet synes ikke å bety så mye, de kjenner egentlig ikke igjen problemstillingen fra sitt eget hverdagsliv selv om de skjønner at det handler om å pakke en koffert for en flyreise. De antyder at de egentlig ikke tenker verdi når de pakker kofferten.

Alt i alt synes jentene å like modellen, selv om vi mistenker dem for å ville svare "hva som er politisk rett", og ikke hva de selv føler. O uttrykker at hun liker matematikk, mens I sier at*... jeg er jo ikke så veldig glad i matte da, så derfor tar det lengre tid å forstå slike ting.* Likevel gir de modellen nest høyeste score.

I og med at de har funnet nøkkelen til løsningen så har de *"Observert nøye og kan beskrive hva som skjer"*, de *"Bygger forklaringer og tolkninger"*. Det er vanskelig å vite om de *"Resonnerer basert på evidens"*.

***"Nærmest null"***

Figuren under viser modellen "Nærmest null" slik den framstår for publikum.

De to har enstemmig kåret denne modellen til rommets beste modell alt før denne observasjonen blir gjort. De har dermed gjort seg noen erfaringer og blitt fascinert av modellen på forhånd. Dette preger også hvordan de bruker modellen.

***Observasjon***

I starten gjør de noen få trekk som viser at de tenker fornuftig. Siden det er så enkelt å prøve, er det fristende å *la refleksjonen være relativt overfladisk*. Men ganske snart blir de svært opptatt av å forsøke å komme tilbake til sitte beste resultatet fra de innledende rundene før denne observasjonen.

Det er imidlertid nesten umulig å oppdage strukturerte tankeprosesser ut fra hva de sier. Man er helt avhengig av å observere hva de gjør.

***... om å begynne fra sitt beste resultat***

*Tankeprosesser:*

*- Forsøker å huske et tidligere resultat*

De konsentrerer seg om å forsøke å gjenskape et tidligere bedre resultat, men husker ikke hvor tallene var plassert, dermed forsvinner de logiske resonnementene på bakgrunn av tallenes verdi og plassering:

> *I... sånn... også... jeg tror vi gjør slik for å komme nærmest*
>
> *O... Ja OK*
>
> *I... Ja sånn også...*
>
> *O... la oss se hva slags tall vi får først da*
>
> *I... Ja vet det* (får 912... I usikker knipser med fingrene)*... jeg tror vi gjorde sånn* (prøver) *i hvert fall ikke sånn*
>
> *O... Jeg tror 8'eren var her*
>
> *I... med det som var, var at vi tok... Jo. Jeg vet det, jeg vet det, jeg vet det... 9 også var det 4 her... så var det 3...*

Når de til slutt klarer å oppnå differansen 27, slapper de tydeligvis litt av. Men de hadde bedre før og er fortsatt ikke fornøyd med resultatet. De fortsetter derfor letingen etter den tidligere løsningen og *forsøker å huske framfor å resonnere*. De roter seg dessuten bort fra 27 og ender igjen opp med en relativt ureflektert flytting av brikker, denne gangen for å komme tilbake til 27.

De ender tilslutt opp med følgende:

097 x 84 = 8148
123 x 65 = 7995
153

De går videre herfra:

> *I... så kan vi prøve....*
>
> *O... 3 og 2 da* (foreslår å bytte om 2 og 3)
>
> *I... nei da, vent da, vent da, vent da... det blir jo høyere uansett*
>
> *I... 6 og 35* (bytter fra 123 x 65 til 126 x 35 kanskje ikke så lurt - bytter tilbake)
>
> *I... da sier vi oss fornøyd med 153... det beste var jo likevel 27... vi fikk det til best i sted da... men... vi skjønner ikke hvordan det er mulig* (utbrudd)*... 0...hm*

O foreslår å bytte om 2 og 3 dvs. hun foreslå å gjøre ett trekk som øker verdien på det nederste produktet, hvilket ikke er så dumt. Men har hun tenkt nøyere etter ville hun ha skjønt at hun med sin foreslåtte ombyttingen vil skyte forbi mål. I stedet foreslår I at de skal bytte om 3 og 6 i de nederste tallene (123 x 65 til 126 x 35). Dette er opplagt et dumt valg siden verdien av det nederste produktet vil reduseres betraktelig når det egentlig skal økes.

*Vi ser at de ikke bruker logiske argumenter bygget på rimelige forandringer som står i forhold til de endringene de forsøker å gjøre. De bruker nesten all sin energi på å huske tilbake på hva de hadde da de første gang lykkes å oppnå en lav differanse.*

***Dybdeintervju:***

***... om å forstå oppdraget***

*Tankeprosess:*
*- Observerer nøye og beskriver hva som er der*
*- Bygger forklaringer og tolkninger*

Det framkommer raskt at jentene har forstått hva tallene betyr og hva oppgaven går ut på:

> *O... vi skal jo ha minst mulig... null da*
>
> *I... du skal jo klare å komme deg nærmest mulig null*
>
> *NKR... Ja hva er det som skal nærmest null?*
>
> *I... differansen mellom de her... så skal du liksom klare å kom...*
>
> *NKR... Så hva uttrykker det tallet der for eksempel* (peker på det nederste produktet)
>
> *O... Den gange den er lik den, og den gang den er lik den* (peker på de riktige tallene, har forstått)
>
> *NKR... Ja riktig*
>
> *O... så er den og den minus hverandre (peker på de riktige tallene)*

En ting er å forstå oppgaven, noe annet å legge opp en strategi for å løse oppgaven. I uttrykker dette ganske tydelig:

> *O... først så jeg bare på tallene her* (produktene) *og ikke på svaret så...*
>
> *I... det er fortsatt vanskelig å tenke seg til hva svaret blir fordi du kan jo liksom ikke... så høye tall i hodet gange med de her*
>
> *NKR... Nei det kan du ikke... nei*
>
> *I... så derfor blir det litt sånn... du må på en måte gjette deg litt til det da*

Her antyder I at tallene er for store til å regne med i hode, som medfører at de ikke tenker men bare prøver seg fram. Selv om de ser størrelsen på produktene og vet at dersom de skal komme nærmere null, så må produktene bli omtrent like store. Likevel virker det ikke som de øyner en tydelig strategi for å nærme seg målet:

*NKR... Ja dere var kjempe gode i starten her*

*I... jeg har ikke peiling på hvordan vi fikk til det, men...*

*O... det var helt...*

*NKR... Du sa jo det at... du sa at du ville ha gjort den større. Hva med den da* (peker på det øverste produktet)?

*I... den må kanskje være størst, den må være minst* (da får en positivt resultatet)

*O... hvis den blir større...*

*NKR... Hvis den blir større* (peker på nederste produktet) *så må den bli større også* (peker på det øverste produktet)

*O... ja men ikke så veldig mye større, nei jeg vet ikke...*

*I... jeg tenker på en måte at siden den skal være den* (peker på den øverste) *minus den* (peker på den nederste)*, så må jo den her være... egentlig må den være minst da*

*O... Hæ*

*I... nei den må jo være høyere enn den, akkurat, høyere enn den*

*O... eller like mye...*

*I... eller like mye ja...*

*O... hvis det går*

*NKR... Hva skjer om de er like mye, begge to*

*I/O... da er det null*

Som det framgår av denne sekvensen har de ikke en klar formening om strategien. Når de imidlertid blir presset så ser det ut til at de klarer å resonnere fornuftig. Men synes å ha problemer med å sette ord på metoden de bruker.

### *... om modellens attraktivitet*

Når jentene blir spurt hvordan de liker utstillingsmodellen er de ikke i tvil:

*NKR... Hvis dere skulle gitt den her et terningkast?*

*O... da ville jeg gitt 6*

*NKR... 6?*

*I... ja den er veldig bra altså*

*O... måtte bruke lang tid på den*

*I... og så synes jeg den er artig i tillegg, for du vil jo gjerne klare å komme nærmest mulig null... så her er noe en familie kunne ha holdt på med for eksempel... og en unge på 5 år kunne fortsatt ha prøvd det selv om han ikke har forstått det så ville han fortsatt ha forstått at det skal være null her*

*NKR... OK... skjønner*

*I... og vi ser jo at tallet øker... ser jo det*

*NKR... Hva sa du nå at...?*

*I... ser jo uansett at tallet her øker da... hvis vi flytter om den her så øker jo tallet... så da skjønner jo noen at det gir jo ikke null... så jeg synes det er veldig bra for alle aldersgrupper egentlig nesten*

*O... faktisk*

*I... men det er jo veldig lett å forklare dem det også da*

Her uttrykker de tydelig begeistring for modellen og gir uttrykk for at årsaken er at det er lett å forstå problemstillingen og at den egner seg for familier fordi alle kan delta og se at tallene forandrer seg.

De mener også at "Nærmest null" er lettere å forstå enn "Ut og fly – størst verdi", men selv om "Nærmest null" er lettere å forstå, så er det vanskeligere å oppnå høyeste score. De uttrykker noe av det sentrale ved modellen: Lett å komme i gang, men vanskelig å oppnå høyeste score:

*I... det er lettere å forstå den her, men vanskeligere å utføre*

*NKR... ja skjønner*

*I... mens den andre er like lett å forstå, men... den er jo kanskje enklere å få til da enn hva den her...det er jo det... selv om vi ikke fikk til like bra... men vi prøvde jo ikke like mye på den som den her heller da... også*

### *... om betydningen av autentisitet*

Hva betyr det så at "Nærmest null" er en konstruert oppgave og at den dermed har lite å gjøre med det som foregår i det daglige:

*NKR... er det viktig at den har noe med å gjøre... at dere kjenner igjen noen ting utenfra eller spiller det ingen rolle eller...?*

*O... litt betyr det*

*I... men det er jo også viktig å ha det artig når vi skal lære noe da... så er det jo det... du vil jo at det skal være artigst mulig å gjøre da... det vil det jo... men den andre er jo artig den også, det er jo ikke det... men...*

*NKR... diplomatisk... he, he, he... jeg skjønner*

*I... men den er på en måte artigere fordi du vet at det er vanskelig å få til da...*

*NKR... ja du føler den utfordringen... altså*

*O... men den er jo også vanskelig* (peker mot *"*Ut og fly – størst verdi*")*... det er nesten på en måte det samme... det er matematikk begge to*

*I... det er det*

Det ser altså ut som at det viktigste er at oppgaven er motiverende og artig enn at temaet er hentet fra det virkelige liv: "*... det er jo også viktig å ha det artig når vi skal lære noe...".* Årsaken til at den er artig synes å være vissheten om at den er skikkelig vanskelig, noe som motiverer I. Dessuten lyktes de ganske fort da de prøvde den første gangen, de klarte å komme ned til 3.

### *... om betydningen av mestring*

*NKR... men altså... her kom dere helt ned til null komma tre... nei altså ikke null komma tre, men til 3... ikke sant? Så her klarte dere nesten å komme i mål... mens den andre der var dere jo et stykke fra kanskje*

*I... ja*

*NKR... så kanskje den er ganske vanskelig den også... men hvorfor er ikke den* (henviser til "Ut og fly – størst verdi") *enda mer utfordrende liksom*

*I... jeg vet ikke... men siden vi fikk til 3 i sted liksom... så var vi*

*O... ja nettopp*

*I... hvis vi hadde kommet opp i 100, 200 og 700 og sånn så hadde vi selvfølgelig syntes at den andre var artigere*

*NKR... så at dere lyktes...*

*I... at vi kom så nærme... og at vi kom så nærme så fort så var det jo enda artigere... vi gjorde det jo egentlig ganske fort... det tok jo ikke så lang tid før vi klarte det*

De understreker at det at de lyktes så fort gjorde at modellen ble artig og attraktiv (denne lave verdien ble oppnådd før observasjonen startet, i mellomtiden ble modellen resatt). Her er det tydelig at ***mestring*** er et viktig moment for å gi modellen så høy popularitet. Imidlertid viste det seg at dette var et hinder for dem da de skulle ta fatt på oppgaven under observasjonen. Da brukte de tida til å forsøke å huske tilbake til tallposisjonene fra den første suksessen.

### *... om koblinger til skolen*

*Tankeprosess:*
*- Gjør forbindelser/koblinger*

Helt til slutt uttrykker de at de måtte gå til det de har lært i skolen, de *"Oppretter en forbindelse"* til det de har lært på skolen:

*NKR... jeg var egentlig ganske imponert... er det noe annet dere vil si om denne her?*

*I... jeg synes egentlig alle de tre* (den tredje er Evas modell Fargeblanding) *vi har fått sett på har vært veldig utfordrende alle sammen egentlig... og du får zooma hjernen litt altså... for å si det sånn... det er veldig hjernetrim og du må på en måte tenke deg skikkelig godt om for å forstå hva det går ut på... og du må tenke på andre ting du har lært opp gjennom årene... du kan ikke bare... spesielt den opp da* (henviser til fargeblandingsmodellen)

*O... ja da måtte jeg gå tilbake til første videregående*

*NKR... Du sa jo noe om at det der hadde vi i naturfaget*

*I... ja det var jo det for vi hadde om det der... ja det er faktisk det... men det er vanskelig å huske på alt når vi har så mange forskjellige fag... vanskelig å huske på alt ja... men jeg kom på litt mer etter hvert så...kom jeg på litt mer av naturfaget... men hun* (henviser til O) *kunne jo mest om det da.*

*EH... Har dere lært noe her i dag tror dere*

*I... ja jeg har lært masse*

Som vi ser så knytter de det de har lært til erfaringer de har gjort på skolen[1].

### *... om å utforske utstillingen sammen med andre*

Til slutt uttrykker de begge at de kan tenke seg å komme tilbake. Dog synes I at det er kjekkere når hun har med seg en yngre bror:

1. Fargeblandingsmodellen var en tredje modell som de undersøkte, den ble analysert av Eva Hogstad.

*EH... Har du lyst til å komme tilbake litt oftere enn du har vært her eller...*

*I... jaa gjør jo egentlig det*

*O... har jo broren min som jeg kan ta med meg*

*EH - men du må jo ha lyst til å komme hit og gå her selv også*

*NKR... Hvorfor synes du at det er artig å ha med seg en bror...*

*O... jeg synes det blir artigere når jeg har med en liten unge også...*

*I... og se hva han gjør*

***Oppsummering:***

???

### 4.2.2 To gutter (9. trinn)

Denne uttestingen ble utført med guttene J og A, som går i 9. trinn. Disse er utplassert på arbeidsuke ved NTNU og er bragt ned på Vitensenteret utelukkende for å prøve ut de to modellene. De er derfor helt ukjent med utstillingsmodellene "Ut og fly – størst verdi" og "Nærmest null" før de starter utprøvingen. Vi kan derfor få et godt inntrykk av hvor lett de klarer å oppfatte oppdragene.

Etter at de har arbeidet med modellene ble de intervjuet mens de sto ved modellene slik at det var lett for dem å forklare og demonstrere.

***"Ut og fly – størst verdi" - observasjon***

***... om å forstå oppdraget***

*Tankeprosesser:*
*-Observere nøye og beskrive hva som er der*

Siden de er helt ukjente med modellen forsøker de å lese og forstå hva oppdraget går ut på:

*J... Legg gjenstanden i kofferten slik at verdien blir størst mulig, men ikke overskrider 20 kg. Trykk start når du er klar. Du har 1 min. på å løse oppgaven* (Leser teksten på modellen)

*A... så...* (tar opp en av brikkene) *skal vi legge det her?*

*J* (Trykker på start)

*J... å ja, kanskje det er meningen å finne den rette...* (leser teksten til knappen: SJEKK)*... Sjekk stopper tiden og sjekker hvordan du ligger an... Unngå overvekt ved sjekk*

*J... å ja det er sånn ja... Vi må prøve å finne rett sånn tror jeg*

De viser også at de er usikre på om de skal vurdere vekta til en brikke ved å holde den i hånda. De finner imidlertid raskt ut at brikkenes virkelige vekt ikke har noe med den oppgitte vekten å gjøre:

*A...* (legger på to brikker øverst, han nevner vekt og verdi til de han legger på)

*J... vi må liksom prøve å kjenne på dem...* (viser at han kjenner på tyngden til en av dem)

*A... det står jo her* (peker på tallene på hockey-bordet, har skjønt at det er vekten og verdien på plata som gjelder)

*J... ja men det [er] jo ikke sånn da... tror jeg* (veier fortsatt en brikke i hånda)

*A... jo det er slik det er... det skal forestille en vekt*

De arbeider med å forstå hvordan modellen fungerer og hva oppdraget egentlig går ut på. Først etter drøyt 2 minutter og etter annen gangs lesning, synes det å gå et lys opp for E:

(A begynner å lese teksten på nytt)

*J... Så... Legg gjenstander i kofferten slik at verdien blir størst mulig*

*A... å ja vi skal... vi skal finne ut... vi skal forsøke å få mest mulig kroner til mest mulig kilo*

Imidlertid er ikke forståelsen helt stø ennå.

### *... om å forstå modellens "regi"*

Det er ikke bare oppdraget som står noe uklart for dem, de strever også med å forstå modellens "regi", dvs. hva som skjer når de har trykket på START-knappen:

*A... Hææ??... hva gjorde du?* (Brikkene glir av bordet)

*J... du tok dem av...* (J antyder at siden A løftet på brikkene så avsluttet modellen og blåste brikkene av bordet, dvs. en feilslutning, siden modellen var i ferd med å avslutte forrige omgang)

*A... kan man ikke gjøre det?*

*J... nei* (altså en feilslutning)

*A... hvorfor ikke?*

Noe senere ser vi det enda tydeligere:

*A... ja... jeg skjønner ikke helt hva denne blåse-greie skal gjøre... bare start* (forsøker igjen å starte modellen før den er ferdig med forrige økt, det røde lyset blinker, kjenner etter med hånda om det kommer luft)*... starter det bare vi legger på?* (skjønner fortsatt ikke modellens regi)

*A...* (vil trykke start, men J avverger, de registrerer at modellen indikerer at de har dårlig tid)

*J... den har startet se* (peker på displayet)

*A... vi har dårlig tid står det jo...* (peker på den røde lysdioden - A trykker igjen på startknappen)

*J... der* (A holder hånden prøvende over bordet for å kjenne etter om det er luft som kommer hvilket det gjør fordi modellen forsøker å tømme bordet for brikker)

### *... om ikke å ha kontroll over utstillingsmodellen*

Vi legger merke til at guttene stadig forsøker å ta "regien" over modellen, ved at de forsøker å starte på nytt, når de synes at de ikke har lyktes:

*J... OK* (vil gjerne prøve på nytt og trykker på START-knappen)

*A... Oho vi må vente til den der er ferdig først* (først nå begynner de å forstå regien)*... hvis ikke så forsvinner??? tror jeg.*

*J... nei er det ikke bare å trykke på start da?*

*A... tydeligvis ikke*

*J... se vi fikk bra igjen* (tiden er gått ut og resultatet vises)

*A... unngå overvekt ved Sjekk* (A leser teksten nederst)*... det er greit... nå tror jeg vi skjønner det litt bedre*

Her synes det som de begynner å forstå mer av hvordan modellens regi er. De skjønner at den må gjøre seg ferdig med første omgang før de på nytt kan trykke på Start-knappen. Men de skjønner ikke at modellen i tillegg skal vise resultatet og renske bordet før de kan gå i gang på nytt.

Ikke lenge etter oppstår en lignende situasjon:

> *J... skjønner ikke at vi kan være så dårlige i dette her* (Forsøker å trykke på start, begynner å plukke av brikkene)
>
> *A... kan den ikke restarte litt fortere?* (Igjen ser vi at brukerne ønsker å ha kontroll og kunne starte på nytt når de måtte ønske det)*... restart!* (A... trykker tre ganger hardt og utålmodig på START-knappen)
>
> *J... OK nå tar vi det sakte*

Som vi ser så er A ganske frustrert over modellens "egenrådighet".

***... om å nærme seg en forståelse***

*Tankeprosess:*

*- Bygge forklaringer og tolkninger*

Guttene har fortsatt ikke helt forstått at de må se etter høyest verdi pr. kg. De forsøker en annen strategi for å oppnå høyere score:

> *J... OK... men se her... du må prøve å ta på slik at det blir mest mulig... se her*
>
> *A... ja men hvis vi tar på mindre vekt så får vi på flere*
>
> *J... da må vi heller ta den...* (peker på liten rundt)*... den... ehm*
>
> *A... den... den...* (peker på flere)
>
> *J... nei den* (peker på 1 kg nede i høyre hjørne)
>
> *A... dem... dem... dem* (begge legger på alle de minste brikkene)
>
> *J... den*
>
> *A... der... 12*
>
> *J... så den der* (peker på trapeset)

Vi ser at de har som strategi og legge på flest mulig brikker og har en forestilling at det også vil gi høyest score. Det betyr at de må velge de "små" brikkene, dvs. de letteste. På denne måten er de istand til å legge på inntil 7 brikker før de når vektgrensen. Imidlertid er vekt og verdi på brikkene valgt slik at dette ikke vil gi det beste resultatet (det beste resultatet oppnås med 5 brikker). Likevel er dette en fornuftig strategi når man ikke kjenner hva som egentlig ligger bak de valgte verdiene for vekt og verdi.

> *J... en siste gang... OK*
>
> *A... hvorfor det... [vi vet hva som] kommer til å skje...*
>
> *J... nå skal vi greie det... lille... vi tar de som er verdt mest i forhold til hva det koster???* (her kan det muligens ligge en snev av forståelse, selv uttalelsen virker litt underlig)
>
> *A... 1,5*
>
> *J... så tar du den store* (J trykker av en eller annen grunn på Start-knappen)
>
> *A... bare ta på greier* (legger på trapeset)
>
> *J... 2,5... nei ta den og den* (peker nederst til høyre og øverst til venstre)

*A... det blir for mye...* (prøver, men oppdager at det blir for mye)

*J... se her... det vi gjør* (A prøver med trekant midt oppe)*... nei kan vi ikke gjøre sånn her... se her... nei ta den her... og så tar du den* (liten sekskant opp)*... da får du mer enn om du har tatt bare den* (peker på langt rektangel)*... Meheene...*(A trykker på sjekk 19,5 og 1600)*... Ahhh vi fikk bra i forhold til "Prøv igjen"...* (peker... J blir oppmuntret)

*A... Beste til nå* (J ler)

***... om frustrasjonen over ikke å lykkes helt***

Guttene blir ved modellen i drøyt 12 minutter. Dette er nok lengre enn hva de ville ha vært dersom de ikke hadde hatt et oppdrag å løse for oss. De ønsker imidlertid ikke å gi seg og blir ganske skuffet når de heller ikke lykkes helt ved siste forsøk:

*A... vi er ferdige* (peker på tiden)

*J... Hva fikk vi da?*

*A... Bra*

*J... det er faktisk det beste... nei det er det ikke*

*NKR - da skal vi kanskje gå videre*

*J... det tror jeg også*

*NKR - dere klarte det ikke helt, men*

*J... dette var kanskje det verste jeg har vært bort i*

*NKR - uff da det hørtes ikke bra ut...*

***Dybde intervju:***

***"Ut og fly – størst verdi"***

***... om å oppfatte oppdraget:***

Når vi spør om hvordan det oppfatter oppgaven svarer de slik:

*J... den her synes jeg liksom var vanskeligst å skjønne hva vi skulle gjøre*

*A... ja jeg synes det sto litt dårlig forklart*

*NKR... jaha, hva er det som er uklart?*

*J... Ehm... nei men ehm... først så skal slik at verdien blir størst mulig, men ikke overskrid... så trodde jeg at verdien... at dere liksom mente vekta da og... verdien av vekta*

*A... at det var meningen at du liksom skulle få nærmest mulig 20 kg*

*J... ja så det var det jeg trodde først også*

*A... så... jeg heller forsto ikke at verdien... skulle få flest mulig kroner*

*J...det var liksom ikke før jeg så verdi kr. før jeg skjønte det*

Det er altså vanskelig å forstå at oppgaven stiller et dobbelt krav. Først må de sørge for at totalvekta ikke overskrider 20 kg, dernest skal verdien gjøres størst mulig. Det synes som det er enklest å oppfatte vektbegrensningen og dermed tolke oppgaven slik at det er om og gjøre å komme nærmest mulig 20 kg. Det kan også se ut som om verdi ikke automatisk knyttes til krone-verdi, men

kan like godt være "verdien" (størrelsen) til vekta. Det var først da J så at det sto kroner at problemstillingen gikk opp for ham.

***... om å få "mest mulig penger ut av minst mulig bagasje"***

*Tankeprosesser:*
*- Bygge forklaringer og tolkninger*
*- Resonnerer basert på evidens*

Etter hvert gikk det også opp for dem at det var lurt å velge de brikkene som hadde størst verdi pr. vektenhet. Her ***"bygger guttene forklaringer og tolkninger"*** som hjelper dem i å løse oppdraget på best mulig måte. Det ligger derfor an til å ***"resonnere basert på evidens"***.

> *A... da skjønte vi at det var meningen å få mest mulig penger ut av minst mulig bagasje... kan du si*
>
> *J... først så tenkte vi sånn... vi bare tar de som har mest verdi... så tenkte vi at det er bedre å ta dem som har minst vekt siden... siden selv om du har... de der* (peker på en av brikkene) *som til sammen liksom da har vi liksom atten, sytten kilo igjen med neste like mye som de her på 6 kg. Det er derfor liksom mer verd å ta de små.*
>
> *A... vi skjønte liksom at det var mer verd å ta de... den her* (peker på den lille lengst til høyre 1kg 100 kr) *er ganske mye verd å ta siden da får vi 100 kr... og det mye bedre en 6 kg. så får du 500 kr.*
>
> *J... eller 5 får 400*
>
> *A... ja*
>
> *NKR... Ja... hvorfor... hvorfor... hvorfor er det* (peker på 1 kg) *bedre enn det* (peker på 6 kg)*?*
>
> *A... siden... så får du...*
>
> *J... mere for pengene* (slik er det vel strengt tatt ikke)
>
> *A... ja*

Selv om de uttrykker seg noe uklart, så er det tydelig at de har skjønt noe om hva som lønner seg å velge basert på forståelsen av forholdet mellom objektenes vekt og verdi.

***... om å forstå utstillingsmodellens "regi" - "...vi tenkte at det var litt juksing"***

Det synes vanskelig for guttene å forstå modellens "regi", dvs. hvordan den oppfører seg når de først har trykket på START-knappen:

> *J... også det der systemet for hvordan de... at man må vente helt til tida går ut før man... før man kan starte på nytt liksom*
>
> *NKR... å ja... du ville ha startet den under veis liksom?*
>
> *J... og liksom*
>
> *A... det burde ha vært en egen knapp liksom for sånn...*
>
> *J... restart*

De ønsker seg større kontroll over modellen ved at de kan restarte den når de måtte ønske. Dvs. at de ønsker å starte "tida" på nytt. At de må vente helt til tida er gått ut før de kan prøve på nytt virker hemmende og demotiverende. Så hvorfor ikke bare la være og trykke START-knappen?

> *J... også skjønte liksom ikke hvordan vi skal... prøve først å bare regne ut hva som var best før vi starter den... eller om vi skal starte først og så prøve*

*A... ja*

*NKR... ja dere startet jo og så prøvde dere... hvorfor tok dere... hvorfor regnet dere ikke på det før dere startet den da?*

*J... fordi det kunne... vi tenkte at det var litt juksing*

*NKR... å trodde dere at det var juksing*

*J... kanskje det var det*

*A...vi ville prøve å ta det på sparket*

Her ser vi hvor stor respekt de har for utstillingsmodellen og dens "regi". De "tenkte at det var litt juksing" dersom la brikkene på plass uten å trykke på START-knappen. De ønsker seg fri for tidspresset, men våger det ikke helt siden det virker litt ureglementert. Dessuten "ville vi prøve å ta det på sparket".

### *... om å løse oppdraget på tid*

Hvordan likte så guttene at oppdraget skulle løses på tid, og hvordan likte de den måten modellen viste at tida gikk på?

*NKR... ja jeg skjønner... men... er det greit at det går på tid?*

*J... jaaa*

*A... jaaa... ellers har det ikke vært så morsomt da... ellers så kunne en bare ha stått der å regnet... imens jeg...*

*J... en kan jo liksom forsatt bare regne det ut først og så starte den...*

*NKR... ja du kan jo det...oppdaget dere... skjønte dere... det syntes dere var litt juks, var det ikke så?*

*J... ja*

*A... men uten tid så hadde det jo vært kjempe lett liksom... da hadde det jo vært mye mindre... liksom... med tid så blir det mye mer stressende og oppgaven blir mer vanskelig også*

Det virker som det er greit at oppdraget skal løses på tid selv om oppgaven blir "mye mer stressende". Dessuten blir den vanskeligere. Uten tidsbegrensningen så "hadde det jo vært kjempe lett liksom...". Her er det en avveining hvor mye man ønsker å fokusere på konkurransen ved bruk av tidsbegrensning som synes å virke motiverende, eller å skape ro for å legge til rette for de matematiske tankeprosessene som gir håp om læring. Dette er en vanskelig avveining og det kan være store individuelle forskjeller. Noen arbeider best og er mest kreativ under press, mens andre blir helt handlingslammet under det samme tidspresset.

### *... om hva brikkenes utforming betyr*

Det har vært ulike meninger om brikkene bør være formet som virkelige gjenstander eller bør ha enkle geometriske former:

*NKR... ja sånn ja... skjønner... ehm...hva synes dere om de brikkene her da?*

*A... Nei de er ganske fine... først trodde jeg at de faktisk veide 6 kg, men oppdaget jo med en gang at de ikke gjorde det... så jeg synes det var ganske smart ordning dette her... for du må tenke på formene samtidig som du tenker på... ja hvilken brikke jeg skal ta nå... så jeg synes egentlig det er ganske smart*

Men de ser også at det kan være fordeler med å velge brikker som ser ut som virkelige og kjente verdigjenstander:

> *NKR... OK... ville det ha vært bedre om de hadde sett ut som et... kamera her* (løfter opp en brikke) *og en mobiltelefon her* (løfter opp en annen brikke) *osv.?*
>
> *A... vedder på at de fleste sikkert heller ville ha sett... eller... ja da ville det sikkert ha... da ville det sikkert ha vært flere barn som hadde kommet til å sett på den... så det ville godt vært en tanke å gjøre det*

Når A får tenkt seg litt om sier han:

> *A... å ha liksom sånn bilder av dem liksom sånn kamera og mobil kunne egentlig ha vært ganske smart*

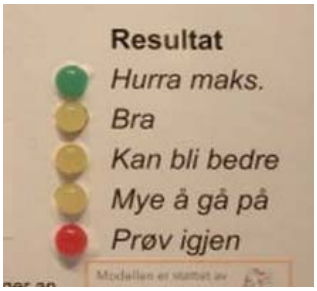
Det antydes at for disse guttene er geometriske former helt OK, men de kan tenke seg at andre vil synes at etterligninger av virkelige gjenstander vil være bedre, spesielt for barn.

Det virker dessuten at det går greit å finne riktig brikke så fremt brikkene en ser etter ikke ligner for mye på hverandre:

> *J... det er ikke noe problem med å finne riktig... sånn det er nå*
>
> *NKR... ja*
>
> *J... riktig form*
>
> *NKR... ja du synes det ja*
>
> *J... ja det er ikke noe problem med det... det eneste... det eneste jeg merket var at jeg tok feil til den der og sånn*
>
> *NKR... å ja det var noen du mikset fordi de ligner litt på hverandre*
>
> *J og A... ja*

### *... om vurderingsskalaen – var den lett å forstå?*

Vurderingsskalaen består av en grønn, tre gule og en rød LED med tilhørende tekst som skal antyde hvor godt de har lyktes med å løse oppdraget:




> *NKR... OK... men enn det her... skjønte dere det her* (peker på vurderingsskalaen til høyre)?
>
> *J og A... ja...*
>
> *J... jeg så det ikke først, men så plutselig så... jo... det er sånn der greie*
>
> *NKR... hvor langt opp kom dere?*
>
> *J... Bra*

Når de først oppdaget vurderingsskalaen så var det ikke noe problem å forstå hvordan den fungerte.

### *... om å vurdere modellens attraktivitet*

Hvordan vurderer de så modellen "Ut og fly – størst verdi" som helhet?

> *NKR... hvis dere skulle gi den et poeng da?*

*A... 4*

*J... ideen den er liksom... den er ganske bra, men jeg synes ikke den er så bra satt opp så jeg også vil gi den 4*

Vi ser at modellen får dårligere score enn "Nærmest null". Årsaken synes å være hvordan oppdraget er formidlet gjennom teksten på panelet.

### *Oppsummering*

Utstillingsmodellen er opplagt vanskeligere å forstå enn "Nærmest null", det synes heller ikke som ungdommene blir "hekta" på denne på samme måte som for "Nærmest null". At oppgaven skal løses på tid synes ikke å oppfattes negativt, men heller som en ekstra utfordring. Det som virkelig skaper frustrasjon er at de ikke forstår modellens "regi" og at de ikke føler at de har kontroll over modellen. For dem kan brikkene godt være geometriske former, men de tror at modellen ville ha hatt større appell til barn om brikkene hadde lignet på virkelige gjenstander. De skjønte ganske raskt at det egentlig handlet om å velge de gjenstandene som hadde høy verdi pr. vektenhet, selv om de hadde problemer med å uttrykke denne innsikten. Det var heller ikke så enkelt å ta konsekvensen av denne kunnskapen.

### *"Nærmest null"*

Så går guttene over til modellen "Nærmest null". Dette er også deres første møte med denne modellen.

### *Observasjon*

Observasjonen gjøres som vanlig med hodekamera montert på J. I tillegg er jeg passivt i bakgrunnen.

### *... om å forstå oppdraget*

*Tankeprosesser:*
*- Observerer nøye og beskriver hva som er der*
*- Undrer og stiller spørsmål*

Det synes som om de ganske raskt forstår hva oppdraget går ut på:

*J... Plasser de ti sifrene slik at differansen mellom produktene blir minst mulig. Klarer du å få null?* (J leser teksten på modellen)

[Følgende oppstilling møter dem: 012 x 34 og 567 x 89 Diff = – 50 055]

*J... Åja sånn ja det er meningen å ta... Ehhh ...*

*A... Få dem til å bli nærmest null*

*J... (0)12 x 34*

*A... Så vi skal bare gange sammen det der* (peker på de to øverste tallene)*... og gange sammen de der* (peker på tallene i det nederste produktet)*... det der og det der skal bli...*

*J... skal bli...*

*A... differansen*

*J... OK*

Her ser vi at de etter noen ganske få sekunder har forstått hva oppdraget går ut på. Vi legger også merke til at de leser teksten først. Denne sekvensen viser helt tydelig at de "Observerer nøye og beskriver hva som er der". Videre "Undrer de og stiller spørsmål":

*A... Kan man liksom gjøre sånn?* (bytter om de to siste sifrene i det siste tallet)

[012 x 39 og 567 x 84 Diff = – 47160]

### *... om å forstå kjernen i problemstillingen*

*Tankeprosesser:*
*- Resonnerer basert på evidens*

Nå går det temmelig raskt og vi kan tydelig se at de raskt skjønner et viktig poeng, nemlig at de må forsøke å få de to produktene til å bli like:

*J... Ja*

*A... OK*

*J... Vi må prøve å få det til å bli det samme da* (Her har J tydeligvis skjønt ett viktig poeng etter ca. 50 sek.)*... la* (avbryter A som berører ett av sifrene)*... 1, 2, 3* (bytter raskt om 1 og 5)

[052 x 39 og 167 x 84 Diff = – 12000]

(J bytter om 2 og 6)

[056 x 39 og 127 x 84 Diff = 8484]

*A... Matte er ditt fag*

[056 x 37 og 129 x 84 Diff = 5908]

*J... ser du det blir mindre og mindre*

[056 x 87 og 129 x 34 Diff = 152]

*J... se 152... OK* (bytter raskt om)

Her ser vi at det går raskt. J har tatt initiativet og A innrømmer at matematikk er J sitt fag. Han trekker seg derfor litt i bakgrunnen, mens J tar styringen (han skyver til og med A litt tilside). Det er ikke tvil om at J *"Resonnerer basert på evidens"*. Vi ser at han lykkes ganske godt og kommer raskt ned fra – 50 055 til en differanse på 152.

### *... om å ikke gidde å tenke*

Så skjer det noe underlig. Det er som det hele stopper opp og går i stå. Det kan se ut som om J når et punkt hvor det ikke lenger er så opplagt hvilke siffer som bør byttes om:

*J... se 152... OK* (bytter raskt om på to siffer)

[059 x 87 og 126 x 34 Diff = –247]

(bytter tilbake... men ombestemmer seg å bytter fort tilbake igjen slik at differansen blir – 247)*...* (bytter om 0 og 1)

[159 x 87 og 026 x 34 Diff = – 13053] (bytter tilbake igjen)

[059 x 87 og 126 x 34 Diff = –247]

*NKR - Må gjerne si hva du tenker*

*J... Ja jeg gidder ikke gjøre noe annet mer enn bare å gjette meg fram til dette her for så pass rask er jeg ikke i hodet* (her bekreftes vår mistanke)

Det kan se ut som om J tenker logisk og riktig så lenge det er enkelt å se en løsning for å komme nærmere null. Det er tydelig at han forstår hvordan modellen virker. Han velger flere riktig løsninger. Men så blir differansen 152 og det blir vanskeligere. Han gjør noen mislykkede forsøk før han innrømmer at han har gått over til ren gjetting. Han sier det i klar tekst: "*Ja jeg gidder ikke gjøre noe annet mer enn bare å gjette meg fram til dette her for så pass rask er jeg ikke i hodet".*

Vi ser at han begynner å tviholde på den relativt lave verdien han tross alt har (– 247), dvs. han er ikke villig til å gi slipp på denne.

Da er det at A sier sitt snitt og gjør noen raske trekk, men også han handler på "lykke og fromme":

> *A... bare prøv*
>
> *J... Ja men se... det vi må gjøre... vi må prøve å komme nærmest null* (A bytter om flere tall og roter det ordentlig til)
>
> *A... vi må prøve å sette... sånn* (bare streker på displayene, kan se ut til at en av brikkene ikke er helt på plass)
>
> *J... nei det er jo ikke det*
>
> *A... ødela den?*
>
> *J... Ja du gjorde det, siden... det du må gjøre er å få begge til å komme nærmest... men nå ødela du det helt.* (J bytter raskt tilbake til der de var før innfallet til E)*... OK*
>
> [083 x 79 og 126 x 54 Diff = – 247]
>
> (J bytter om på 9 og 4 og oppnår 152)
>
> [086 x 79 og 123 x 54 Diff = 152]
>
> (En legger merke til J ikke har noen særlige problemer til å huske hvilke trekk A gjorde)

Vi legger merke til at det begynner å bli en litt amper stemning mellom de to. Begge er etter hvert klar over hvordan oppdraget fungerer og at det handler om å få de produktene til å bli like.

### *... om å bli frustrert*

*Tankeprosesser:*
*- Avdekker kompleksitet, men vet ikke hvordan de skal komme videre*

J blir etter hvert svært frustrert over at han ikke kommer videre. Han utfordrer derfor A til å komme på banen. A er imidlertid ganske tilbakeholdende og er tydelig redd for å rote det til enda mer (hvisker). J derimot forsøker å forklare A hvordan det fungerer for å få han på banen:

> *J... hvis vi prøver å gjøre sånn... sånn (*gjør dramatisk utslag Diff = – 36068)*... Ohhhh*
>
> *A... Ohhh* (J bytter to av sifrene tilbake blir noe bedre (Diff = 13442))
>
> *J... Nei, vi gjør sånn... sånn... så... og så tar du...* (Diff = 6844)*... Ohhh kom igjen da og hjelp meg litt da*
>
> *A... Jeg vet ikke helt* (hvisker)
>
> *J... Ja, men ser du... du må prøv å få det der nærmest null* (peker på differansen)*... og hvis du ikke får det så bare regner du ut videre... ja... skjønner du ikke?*
>
> *A... Hm*

A er vant til at det finnes formler og metoder for alt og skulle ønske at det fantes en slik i dette tilfellet også:

> *A... Er det ikke noen enkel formel for å finne ut av sånn her?*

*J... Sikkert noe sånn bortgjemt*

*J... jeg kan ikke dette her det er helt umulig... her er bare gjetting trur jeg...*

A savner tydeligvis sine regler og oppskrifter slik han kjenner dem fra matematikken. Blir frustrert over at han ikke kan hjelpe sin kamerat og at han kommer til kort.

Etter noen få forsøk blir de enige om å gå videre.

***Oppsummering:***

I utgangspunktet synes det som J ganske fort oppfatter at det handler om å gjøre de to produktene mest mulig like og føler seg på trygg grunn. A derimot ser at dette er en type matematikk som ikke er hans "greie" og overlater derfor ganske tidlig oppgaven til J. A sier: *Matematikk er ditt fag.*

J kommer ganske raskt fram til 152. A forsøker å hjelpe, men roter det til. Han har muligens ennå ikke helt forstått hvordan man resonnerer. Dette medfører at J blir irritert og setter brikkene tilbake.

Etter hvert roter de seg bort i dårligere resultater og J klarer ikke å komme tilbake til sitt beste resultatet. Dette skaper stor frustrasjon hos J, og han oppfordrer A til å komme med forslag. A er imidlertid tilbakeholdende og tør ikke foreslå noe. Så snart han gjør det, korrigerer eller overtar J. Til slutt spør A om det ikke finnes en formel for å løse slike problemer. Han føler seg tryggere når han kan gripe til en formel. Her finnes ikke slikt, dermed blir han usikker.

Vi ser at de savner en metode som de kan bruke for å løse problemet, da det ikke finner en slik, ender med å prøve og feile. Dette er fristende siden det er lett å prøve og innehar ingen risiko så fremt man ikke roter seg bort fra "sitt beste" resultat. Spørsmålet blir derfor:

- Hvordan få dem bort fra "prøve og feile"-metoden og over på konstruktive matematiske tankeprosesser?
- Hvordan frigjøre dem fra redselen for å rote bort sin bestenotering?

Svaret på det første kan være å gi dem konstruktive tips som stimulerer de konstruktive matematiske tankeprosessene. Dernest gi dem muligheten til å skrive opp resultatet sitt slik at de tør og bryte opp en god bestenotering.

***Dybdeintervju:***

***... om å observere nøye og beskriver situasjonen – se sammenhenger***

Innledningsvis viser de at de har forstått oppdraget og at det kan være nyttig å kunne litt hoderegning. Fra det de sier så aner vi at de også skjønner at det handler om å endre på tallene i de ulike posisjonene. Det er imidlertid uklart i hvilken grad de klarer å vurdere konsekvensen av å endre på sifferverdien i de ulike posisjonene i tallene.

Når vi spør om de kan forklare oss hva oppdraget går ut på, er det straks i gang med å forsøke å løse oppgaven:

*A... vi må prøve å bytte om noen tall her* (dvs. mellom øverste og nederste produktet) *fordi det er ikke noen flere kombinasjoner her nå* (peker på det nederste produktet).

*J... Nei... det er liksom... hvis vi... nei...*

*A... hvis bytter 2 og 3*

*J... siden det er det her som burde ha vært større* (peker på nederste produktet)

*A...* (gjør samtidig en ombytting og får 51)

*NKR... Wow... dagens beste... Hvordan tenkte du når du gjorde det der?*

*A... nei... jeg så at det var ganske lite så jeg bare prøvde å bytte de to minste tallene* (peker) *eller... det... ett av de minste tallene her og det som var litt over* (litt større) (A bytter mellom nedre produkt og øver produkt)*... så fikk jeg jo 51!*

Her ser vi hvordan A "observerer nøye og beskriver situasjonen", på bakgrunn av dette "ser han en sammenheng" som medfører et vellykket "trekk".

A forsøker å gjenta suksessen ved på nytt å skifte to tall fra hvert av de to produktene uten å lykkes. Igjen ser vi at de er redde for å forlate det gode resultatet de har for å søke etter helt nye løsninger.

***... om å ønske seg tips, og tydelig beskjed om det er mulig å oppnå null:***

Vi spør så om de ser noen ting ved modellen som ville gjort den bedre:

*A... ha noen små hint*

*NKR... noen små hint?*

*A og J... Ja*

*J... Ja kanskje... hatt trykket på noe sånn greie at du kunne fått noe sånn... nei jeg vet ikke hvordan du skulle ha gjort det*

*A... kunne ha skrevet sånne tall som 4 bak på her eller noe sånn* (løfter opp en av brikkene og viser undersiden) *som har gjort det lettere siden*

*J... f.eks.... den brikken der skal være 3 eller noe* (rister i en av brikkene)

*NKR... og ja på den måten ja... jeg skjønner*

Det er ikke helt enkelt å forstå hva de mener. Men vi tolker dem slik at de ønsker at det på baksiden av brikken kunne vært antydet hvor den bør stå dersom de skal oppnå null. Slik kunne de stadig fått nye tips om hvor brikkene skal plasseres.

De blir frustrert når de ikke kommer videre og ønsker seg et tips for å komme seg nærmere løsningen. På mitt spørsmål om de tror at det er mulig å komme helt ned til null så svarer J:

*J... Ehm... ja det tror jeg?*

*NKR... hvorfor tror du det da?*

*J... Ehm ... det er et godt spørsmål?*

*J... fordi det er ti tall her så har jeg...nei jeg vet ikke jeg... jeg tror det eller så... hadde det ikke vært en så morsom oppgave dersom det ikke hadde gått an å komme til null... da synes jeg den har vært litt simpel...*

*NKR... ja sånn ja... jeg skjønner... burde ha stått her om det gikk an eller ikke?*

*J/A... Ehm... ja*

*NKR... synes dere det?*

*J... Siden det står... klarer du å få null... det får man liksom til å tro... at det går an med null*

*NKR... Ja... Ja jeg skjønner... så vi kunne ha gjort det enda tydeligere at det faktisk er mulig*

*E/J... Ja... ja*

Som vi ser så ønsker de en tydelig beskjemmet om det er mulig å nå helt ned til null. De oppfatter oppdraget (teksten på modellen) slik at det sannsynligvis er mulig. Noe annet vil *"være litt simpelt"*.

***... om å like, eller ikke like matematikk***

Vi spør dem så om de vanligvis liker matematikk:

*NKR... hvordan er det med dere... liker dere matematikk sånn vanligvis?*

*A... Neeei... jeg liker det ganske godt... jeg har 6 ganske ofte*

*NKR... da liker du det godt*

*J... jeg liker det egentlig ikke, men jeg jobber hvis jeg må... får 5 eller 6 ganske ofte*

*NKR... hvorfor liker du det ikke?*

*J... det er så mange tall... må bare sitte å se på tall hele tiden og når det er så mange... i hvert fall i naturfag så bruker det å være så mange... så repeterende... jeg liker når det blir litt*

*NKR... så du mener det blir så mange gjentagelser?*

*J... ja*

A liker matematikk ganske godt og gjør det bra. Dette er litt underlig siden han tidligere har uttrykt at matematikk ikke er hans greie. J derimot liker det ikke særlig godt siden det blir så mye tall, men får gode karakterer dersom han bare jobber.

***... om å bli litt frustrert men likevel hekta***

Så hvordan vurderer de modellen som helhet:

*NKR... hvis dere skulle gi den her et terningkast da, hva ville dere...?*

*A... jeg vil gitt den ehe... en 5'er... siden det egentlig er ganske morsomt hvis du tenker på det, men så er det så...*

*J... frustrerende så man vil fortsette med det*

*A... ja*

*NKR... ja sånn ja dere blir hekta*

*J... ja... det er derfor vi har gitt den 5*

*NKR... ja OK litt frustrerende, men likevel en femmer fordi man blir litt hekta*

*J... OK*

Vi ser at utstillingsmodellen er frustrerende fordi det er vanskelig å oppnå beste resultat, og de vil så gjerne lykkes. Samtidig er frustrasjonen med på å drive dem videre og stadig forsøke å oppnå bedre resultater. Det virker som det er spenningen mellom det frustrerende ved ikke helt og lykkes og konkurransen om stadig å gjøre det bedre som gjør den morsom. I denne prosessen kan en anta at det er viktig med sikkerhet å vite at det er mulig å oppnå null.

***... om den minner dem om noe i den "virkelige verden"***

Når guttene blir spurt om hva de forbinder modellen med, så svarer de begge at den minner dem om skolen. De er derimot litt usikre på om dette er uheldig eller ikke.

*A... for meg har det egentlig ikke så mye å si*

*J... men vedder på at noen sier: Kom ikke her [på Vitensenteret] for å gjøre matte, herregud,... vedder jeg på at noen kommer til å si*

*NKR... Å ja... det virker sånn ja...*

> *J... men det er vel for... det er sikkert... her sikkert liksom som for dem som... liksom ikke... kanskje for flere... dem som ikke liker matte... for dem som liker matte som f.eks.... ja pappa... dem som jobber med andre ting enn matte... det kan jo være fint for dem også å holde på med sånn her*

De antyder at det kan være greit for de som ikke daglig holder på med matematikk (slik de gjør) og holde på med denne typen utstillingsmodeller. På den annen side så mener de at noen vil reagere negativt da de ikke er kommet til Vitensenteret for å holde på med matematikk (underforstått at det er noe de misliker sterkt).

***Oppsummering:***

Alt i alt liker guttene modellen fordi de opplever at konkurranseinstinktet vekkes slik at de blir litt hekta på modellen. Det er derfor viktig for dem å vite at det faktisk er mulig å oppnå en differanse lik null. Siden en ev. løsningsmetode for slike problemstillinger ikke inngår i pensum på skolen, vil de gjerne ha tips for å komme seg videre, og begynne å bruke konstruktive tankeprosesser igjen. Når de ikke ser noen løsningsmetode legger modellen opp til en blind prøving og feiling som er lite konstruktiv. Et godt resultat gir også en forestilling om at besteoppstillingen som gir null er like "rundt hjørnet", hvilken ofte ikke er. Denne forestillingen en medfører derfor at de ikke tør å bryte opp det "gode" resultatet.

### 4.2.3 Ei jente fra 9. trinn

22. april ble B (jente 15 år) engasjert til å prøve ut de to utstillingene "Ut og fly – størst verdi" og "Nærmest null". Hun ble utstyrt med hodekamera og fikk tid til å arbeide med modellene før det ble foretatt dybdeintervju. På dette tidspunktet hadde begge modellene blitt oppgradert i henhold til de erfaringene som var gjort med tidligere grupper. Dvs. at tidspresset på "Ut og fly – størst verdi" var fjernet og det var lagt lapper for å notere sin bestenotering ved "Nærmest null". Dybdeintervjuet er transkribert og danner grunnlaget for denne oppsummeringen.

Siden hun arbeidet alene er utprøvingen uten lyd:

***Ut og fly - størst verdi***

***... om å observere nøye og resonnere basert på evidens***

Det er lett å se at hun bruker god til å tenke seg og før hun velger brikker, hun observerer nøye. Når hun først gjør sine valg, er det tydelig at hun vet hva hun gjør. Hun velger de fire brikkene som har høyes egenverdi (1 kg, 2 kg, 5,5 kg og 6 kg). Deretter velger hun 4,5 kg (som ikke er optimalt) som gir totalt 19 kg, og trykker SJEKK-knappen og ser at hun oppnår "Kan bli bedre".

Så rydder hun bordet og begynner på nytt.

Hun legger på 6 kg/500 kr (83,3 kr./kg) og 5,5 kg/500 kr (90,9 kr./kg). Dernest 5 kg/450 kr. (80,0 kr./kg), 3 kg/200 kr. (66,7 kr/kg). Så velger hun 2 kg/175 kr. (87,5 kr./kg) samtidig som hun fjerner 3 kg/200 kr (66,7kr./kg), og legger på 1,5 kg/125 kr (83,3 kr./kg). Totalt har hun da: 20 kg og oppnår "Hurra Maks". Vi ser hvordan hun aner at hun helst bør opp til 20 kg for å oppnå maks. verdi.

I denne korte sekvensen ser vi hvordan hun "observerer nøye", samtidig som hun "bygge forklaringer og tolkninger" slik at hun kan avsløre hemmeligheten for å løse oppgaven optimalt. Vi ser også at hun i sin andre runde "baserer sitt resonnement på evidens" oppnådd under første runde.

***Dybdeintervju***

***... om å resonnere basert på evidens***

Dette avsløres helt tydelig i det påfølgende dybdeintervjuet. Hun blir svært fort klar over at det er verdi pr. kg (egenverdien) som avgjør hvilke brikker hun bør velge først:

> *NKR... hva går oppgaven ut på... kan du forklare det først?*
>
> *B... at du må prøve å få maksimum verdi, men med så lite vekt som mulig, men jeg antok at det at den sa opp til 20 kg så ville den ha meg til å få 20 kg*
>
> *NKR... aha*
>
> *B... fordi at han også begynte jeg å tenke... for at først så tenkte jeg... to forsøk jeg hadde forskjellig logikk på begge først så sa jeg, hva er det som har best verdi pr. vekt? Den her har 100 kr./kg. Det var ganske bra. Den* (62,5 kr./kg) *har ganske dårlig... liksom det er 25... det er ca. 50 kr./kg... det er sånn litt rundt*

Slik resonnerer hun seg gjennom hele oppgaven på en svært strukturert og logisk måte.

***... om å undere og stille spørsmål***

Ved å studere oppgaveteksten ("Størst verdi opp til 20 kg") kommer hun fram til at det er rimelig at den beste løsningen har en total vekt på 20 kg. Ut fra formuleringen, mener hun at det er lite sannsynlig at den optimale løsningen har en vekt på 19,0 eller 19,5 kg.

> *NKR... ja... skjønte du med en gang hva du skulle gjøre?*
>
> *B... ja egentlig... det var sånn at liksom at... å ja 20 kg da er det ganske tydelig at han har lyst til å ha meg... 20 kg da ble hele oppgaven mye lettere*
>
> *NKR... OK*
>
> *B... hadde han sagt under 20 kg så hadde det vært litt mere sånn... oj hva skal jeg ta...*

Ut fra tidligere observasjoner så synes dette argumentet fornuftig. Publikum vil primært lete etter en besteløsning som gir totalt 20 kg. En skulle derfor tro at å velge en besteløsning på 19,5 kg ville gjøre modellen vanskeligere å løse.

***... om hvor god modellen er i en vitensenterutstilling***

Så spør vi hva hun synes om modellen som en del av Vitensenterets utstilling

> *NKR... hva synes du om den som en utstillingsmodell i en vitensenterutstilling*
>
> *B... ahm... jeg synes at... ahm... sånn både som designet virker sånn litt spennende... "Fly" det er liksom litt sånn... folk har lyst til å se på det... så er det faktisk sånn at du begynner å tenke... må begynne å tenke logisk... og da han... det... han... da begynner en liksom sånn... hvordan kan jeg gjøre det bedre...og sånn liksom prøver... prøver og feiler litt fordi jeg antar at ikke alle gjør det sånn som jeg gjør det... og hadde veldig sånn klare... tenkt hvordan tenkte det først... men da gjør de så godt... også dette her* (peker på skalaen som angir hvilken score en har oppnådd) *var veldig smart fordi da kan du liksom sånn... se...Åå kanskje jeg kan få et lys bedre, også ett lys bedre og Yeah Yeah jeg får maks.*

Hun utdyper dette ytterligere litt senere:

> *NKR... du ser jo på en måte hva situasjonen skal være her... ehm... synes du at det er viktig at det synes å hentyde til at du skal ut og fly eller...?*

*B... ja egentlig for da lokker det litt*

*NKR... synes du det*

*B... det er mange som synes at det å fly er veldig spennende for da er det liksom noe som... ahm... liksom noe som... ahm...det er liksom... å nå skal jeg ut på ferie... dette blir kult... altså det er på en måte... litt sånn... ehm... hva heter det?... er det "subconscious"*

*NKR... ja jeg skjønner*

*B... underbevisst... ahm... liksom... dette er kult... så da blir det på en måte som...ehm... oj så kult... dette her jeg lyst til å prøve*

Som vi ser så blir den godt mottatt. Spesielt liker hun utformingen, og at det handler om å skulle ut og fly, som av folk flest forbindes med noe spennende. Videre liker hun måten utfordringen er bygget opp på, ved at den gir mulighet til å forbedre resultatet sitt. Dette er "resonnement basert på evidens", eller erfaringen oppnådd gjennom bruk av modellen.

### *... om å jobbe med modellen uten tidspress*

Noe av det viktigste ved denne utprøvingen er nettopp å teste ut hvordan modellen fungerer etter at vi har tatt bort tidspresset. Vi spør derfor:

*NKR... jeg skjønner... du aner at det kunne ha vært... enn om du nå skulle ha løst oppgaven i løpet av ett minutt, ville det ha vært bedre eller dårligere?*

*B... ehm... jeg tror man ville ha vært mer sånn stresset... det spørs jo hvordan stress virker på forskjellige folk*

*NKR... ja, helt klart*

*B... så liksom... jeg tror nok det ville tatt meg litt lengre [tid] fordi da hadde vært sånn: Bare prøv... bare prøv... bare prøv noe,... men nå... jeg være mer avistappet og tenke sånn:... Hm... hva kan jeg gjøre nå for å få det best mulig*

Ut fra det hun sier så skjønner vi at tidspresset vil føre til økt stress og at publikum bare vil prøve seg fram uten å gjøre logiske valg. I hvilken grad dette fungerer vil selvfølgelig avhenger av hvordan den enkelte takler stress. Selv mener hun at hun under tidspress ville ha brukt lengre tid for å løse oppgaven.

### *"Nærmest null"*

Det gjøres opptak mens hun arbeider alene uten å kommentere det hun gjør. Når hun ankommer modellen er besteresultatet 1515.

### *... om å bli kjent med modellen*

Innledningsvis flytter hun om på flere brikker og får både større og mindre verdier for differansen. Det kan se ut som om hun flytter brikkene relativt tilfeldig. Etter hvert oppnår hun –650 og deretter etter ytterligere noen flytt, får hun 246. Begge gangene reagerer hun med begeistring. Med utgangspunkt i denne besteverdien forsøker hun å komme videre. Hun husker godt, så hun tillater seg å gå et par-tre ombyttinger bort fra sin bestenotering, før hun skynder seg tilbake.

Jeg ankommer modellen og forsøker å være en diskusjonspartner. Etter hver glir samtalen over i et intervju.

***Dybdeintervju***

Hun har tydeligvis forstått poenget med modellen og har lagt opp en strategi for å løse oppdraget.

***... gjøre forbindelser og koblinger***

Hun uttrykker strategien på følgende måte:

> *B... jeg har slått rekorden nå*
>
> *NKR... har du... så bra... har du lyst til å fortsette litt videre?*
>
> *B... Sure!... jeg tror... jeg er ikke sikker på at jeg kommer meg så mye lengre ned fordi at... ehm... for disse her... må ha...det er logikk her "sjø"... ehm... fordi de disse her* (peker på tallene på høyre side av multiplikasjonstegnet)*... jeg prøver å få dem så nærme inntil hverandre som mulig... disse her må det være bare én i mellom* (tallene på høyre side)*... her har jeg et stort tall* (peker på sifferet øverst lengst til venstre)*... og de minste mulige tallene [av de] to andre... også ett... også ett mindre... hakket mindre* (peker på det mest signifikante sifrene hos tallene lengst til venstre i det andre produktet)*... og så store tall som mulig* (peker på de mellomste sifrene i tallene lengst til venstre i de nederste produktet)
>
> *NKR... skjønner... nettopp... så du...*
>
> *B... og disse her har størst betydning* (peker på tallene til høyre i de to produktene) *sant her... sånn hver verdi har større betydning om den er på denne siden enn om den er på den sida* (peker på den venstre siden av produktene)*... så derfor må jeg ha nærmere der og kan ha litt større opperom der* (peker på venstre siden av produktene).

Dersom vi ser på oppstillingen skjønner vi at hun resonnerer fornuftig:

734 x 19 = 13946
685 x 20 = 13700
246

Hun tenker som så:

- *Tallene til høyre i produktene bør være så nær hverandre som mulig, 19 og 20*
- *Tallene til venstre i produktene må også være så nær hverandre som mulig. Det oppnås ved at det mest signifikante sifferet adskilles med kun 1, dvs. 7 og 6. Vi legger også merke til at det største sifferet er i det øverste produktet og det minste sifferet i det nederste produktet. Akkurat omvendt av tallene til høyre i produktene (19 og 20). Siden hun ønsker at de to tallene til venstre skal være så nær hverandre som mulig, velger hun å legge midtsifrene i tallene til venstre så langt fra hverandre som mulig, dvs. 3 og 8, det samme gjelder de minst signifikante sifrene 4 og 5. Dermed oppnår hun at de to tallene kommer så nær hverandre som mulig 734 og 685.*

Dette er et glimrende resonnement og hun uttrykker undring over at dette ikke gir null, samtidig som hun innser at det ikke er mulig å komme lavere ut fra denne oppstillingen. Dette uttrykker hun ganske klart:

> *B... Sure!... jeg tror... jeg er ikke sikker på at jeg kommer meg så mye lengre ned fordi at... ehm....*

Hun resonnerer videre:

> *B... og disse her har størst betydning* (peker på tallene til høyre i de to produktene) *sant her... sånn hver verdi har større betydning om den er på denne siden* (på høyre side av produktet) *enn om den er på den sida* (peker på den venstre siden av produktene)*... så derfor må jeg ha nærmere der og kan ha litt større opperom der* (peker på venstre siden av produktene).
>
> *NKR... så du ville egentlig hatt komma her da* (peker på høyre side av produktet)

*B... ja helst... men*

Hun har altså tanker om at tallene til høyre i produktene har større betydning enn tallene til venstre i produktene. Hvilket er korrekt siden hver gang ett av tallene til høyre øker med 1, øker produktet med det tresifrede tallet til venstre.

Istedet for 19 og 20 kunne en jo tenke seg å ha to andre nabotall. Til tross for min korttenkthet i det neste spørsmålet resonnerer hun helt korrekt:

*NKR... jeg skjønner hva du ville hatt... du kunne hatt 12 og 13 her for eksempel* (dette er ikke mulig i denne sammenhengen fordi man kun har ett ett-tall)

*B... ja jeg kan jo prøve... nei det kan jeg jo ikke* (hun oppdager at hun kun har ett 1-tall)*. en!... så jeg er nødt til å ha det sånn*

*NKR... ja riktig nettopp... du kan ikke ha 1 der og 1 der* (peker på de to sifrene lengst til venstre i tallene til høyre i produktene)*.*

Hun innser altså at to etterfølgende tall med like siffer er umulig (f.eks. 12 og 13) siden vi bare har ett siffer av hvert slag. Dermed kan vi i prinsippet ha 19 og 20, 29 og 30, 39 og 40 osv. dersom vi skulle holde oss til denne "en-i-forskjell-regelen".

Jeg forsøker å ymte frampå om det nødvendigvis er slik at det alltid bør være en forskjell på 1 mellom de to tallene til høyre i produktet:

*NKR... men mener du at du må... at de tallene der må være etter hverandre... slik som der* (peker på de mest signifikante sifrene hos tallene lengst til venstre)*?*

*B... de må ikke det, men det er desidert enklest å ha dem nærmest hverandre da blir differansen minst mulig... jeg vet jo ikke om at det... æææ... for at... kan jo... Ahhh* (ler litt oppgitt)*... nå har hjernen min satt seg fast på en måte å tenke på... da har den ikke lyst til å jobbe annerledes...*

Hun opplever en slik løsning som enklest å arbeide med og at *hjernen min har satt seg fast på en måte å tenke på.*

Hun bytter om på sifrene slik at hun får tallene 39 og 40 på høyre side, dernest bruker hun de resterende sifrene som tidligere. Hun opplever at dette ikke gir et bedre resultat.

*B... de må egentlig ha de her, men...* (tar ut de mest signifikante sifrene i tallene lengst til høyre, 19, 20)*...??? la oss si 39 og 40... sånn, da skal den gå lengre ned* (får 368)... *nei det gjør den ikke, hvorfor gjør den ikke det?*

*NKR... hva tenker du nå da?*

*B... fordi at nå blir tallet her enda mindre, differansen blir enda mindre* (peker på tallene lengst til venstre)

Hun har nå følgende oppstilling:

712 x 39 = 27768
685 x 40 = 27400
368

Resonnementet hennes er logisk. Hun tenker at siden differansen mellom 712 og 685 er mindre enn tilsvarende i hennes bestenotering, så burde differansen vært mindre da forskjellen mellom de to tallene til høyre fortsatt er 1. Dette synes logisk, men hun glemmer at forskjellen i de to tallene til venstre forsterkes i og med at tallene til høyre er større, til tross for at differansen forsatt er 1.

Likevel må det sies at hun resonnerer meget logisk og *bygger forklaringer og tolkninger* på en svært god måte. Hennes problem er at resultatet uteblir fordi hun ikke tenker langt nok. Fra analysen i avsnitt 2.9 husker vi at 246 er den minste oppnåelige differansen dersom en holder fast på at forskjellen mellom tallene til høyre er 1.

> *B... hvert fall for meg så er det noen ganger at det er vanskelig å se noen klare sammenhenger mellom... nå gjorde jeg det... derfor gir dette en lavere eller en høyere...*

Selv om hun er den av våre informanter som har resonnert mest fornuftig når det gjelder denne modellen, så uttrykker hun at hun ikke klarer å se konsekvensene av endringer i plassering. Det er nærliggende å tro at dette skyldes at hennes logiske resonnement ikke førte henne til målet, men endte på 246.

### *... om hvor godt hun liker utstillingen og matematikk*

Når hun blir spurt om hvilket terningkast hun vil gi modellen, gir hun den 4. Årsaken synes å være at hun synes det er vanskelig å forutse konsekvensene av de omflytningene hun gjør til tross for at de er logiske:

Når hun blir spurt om hun liker matematikk, svarer hun:

> *B... ja... ja... men det er sånn... jeg liker mer sånn... ahm... jeg liker mer sånn geometri og sånn... annerledes... jeg synes det er artig, men det er liksom ikke noe som: "Aha algebra"... liksom*
>
> *NKR... det er ikke din... favoritt?*
>
> *B... nei, liksom det... jeg liker matte sånn generelt, men det er sånn... det blir den litt sånn... ja jeg vet ikke helt hvordan... det er ikke min favoritt*

Kort fortalt så liker hun matematikk generelt, og da spesielt geometri. Algebra derimot er ikke hennes favoritt. Siden modellen minner henne om algebra, så er det nærliggende for henne å gi sin manglende motivasjon for algebra skylden for at hun ikke kommer helt til null. Slik er det nødvendigvis ikke.

### *... om betydningen av autentisitet*

Vi spør hva det betyr for motivasjonen at modellen er kunstig og ikke presenterer en problemstilling vi normalt møter i dagliglivet. Til dette svarer hun:

> *B... ja litt for da er du litt sånn: jammen det gjør jo ikke noe om jeg ikke får det til så nærme null det er jo liksom... kan bare... er litt sånn... lete meg rundt med det... sånn det er liksom ikke noe sånn... du blir på en måte ikke motivert til å gjøre det... fordi det blir på en måte bare sånn: Ah... ah... få den nærme null*
>
> *NKR... ja vel... mener du det altså*
>
> *B... eller hvis man... det er noen ganger... ja, fordi at det er sånn... hvert fall for noen som hadde vært yngre tror jeg det hadde vært enda mer liksom: "Ja men, Ah... det er jo bare tall, det er jo ikke noe viktig"*

Hun gir inntrykk av at å arbeide med problemstillinger av typen "Nærmest null" egentlig ikke betyr noen ting... "det er jo bare tall". Hun mener at denne oppfatningen forsterkes ytterligere for de som er yngre enn henne. Hun blir derimot mer motivert av en problemstillingen som er hentet fra hverdagslivet, som f.eks. "Ut og fly – størst verdi".

Likevel kan hun bli motivert av slike oppgaver når hun har framdrift og ser at hun nærmer seg en løsning:

*B... ja... liksom... jeg synes jo... jeg synes jo at det er litt artig også å holde på med det... og fikle med det for det blir på en måte sånn: "Skal prøve å slå det, skal prøve å slå det, skal prøve å... slå rekorden nedover"*

Hun fortsetter å arbeide med modellen etter at jeg har forlatt henne. Opptakene viser at hun har en innbitt tro på at løsningen ligger nær hennes beste resultat (246). Hun tror det er en suksessiv vei fra denne verdien og ned til null. Det hjelper ikke at det står blyant og papir ved siden av modellen. Hun skriver ikke opp sitt beste resultat for så å bryte opp oppstillingen å begynne på nytt.

Det forslås at det settes opp en plakat rett foran modellen hvor man anbefaler å bryte opp sitt beste resultatet og begynne å nytt når man står helt fast, gjerne flere ganger.

#### 4.2.4 Ei jente (18) og en gutt (17) fra videregående skole

Disse to utforsket modellene etter at det var gjort endringer. Det var spesielt "Ut og fly – -størst verdi" som var endret (se avsnitt 5.2.7 på side 106). I tillegg til at tidspresset var fjernet var også START-knappen og lysdiodene som viste at tiden gikk borte. Brukerpanelet var derfor sterkt forenklet. "Nærmest null" hadde fått tilført blyant og papir slik at deltagerne kunne skrive ned gode resultater samt at det var kommet opp en plakat som oppfordret til å starte helt på nytt igjen dersom man kjørte seg fast.

Spesielt for utstillingen "Ut og fly – størst verdi" skulle disse endringene medføre at publikum fikk større ro og dermed tid til å reflektere over de valg de gjorde (avsnitt 5.2.7 på side 106).

**"Ut og fly – størst verdi"**

**Utforskende aktivitet**

***... om å oppdage hva oppgaven egentlig går ut på***

Før har de kun snakket om vekt, nå oppdager de etter drøyt 1 minutt, at de må ta hensyn til at gjenstandene også har en verdi. Dermed slutter de at bør ta de brikkene med største verdi (altså ennå ikke, de med størst egenverdi):

01:06 (tid fra start)

*J:... Vi må se på. Her* (peker på brikkene) *er det jo forskjellig verdi på de forskjellige brikkene. Vi må ta de* (brikkene) *med mest* (verdi) *da.*

*G:... Vi mangler fire og et halvt kilo da.*

*J:... Ja*

***... om å avdekke kompleksitet***

02:11

*G:... Det er kanskje bedre å ha to som har en verdi* (nr. 6 og 10)*, enn en sånn* (nr. 5)*. Men jeg vet ikke om det blir vanskelig.*

*J:... Ja, det går an.*

Her kan det se ut som om de vurderer å erstatte en gjenstand med to dersom det gir høyere verdi uten å øke vekta. Det valget som antydes her er imidlertid ikke optimalt. Nr. 6 og 10 gir 7 kg og kr. 425,-, mens 5,5 kg har en verdi på kr. 500,-. Det synes derfor ikke som om de har funnet nøkkelen til løsningen. De begynner imidlertid å avdekke oppgavens kompleksitet.

***... om å avdekke matematiske sammenhenger***

04:48

*J:... Den her er jo også fire kilo tung* (nr.9) *og da er den* (nr. 7 og nr. 6) *lur.*

*G:... mm* (bekreftende) *men det har vi jo egentlig visst hele tiden.*

*.....*

05:40

*J:... se på den da* (nr. 2 og nr. 1) *Det blir jo fem og et halv til sammen.*
*Det blir jo denne* (nr. 5)

*G:... ja*

*J:... Blir det der* (nr. 2 og nr. 1). *Denne* (nr. 5) *vil jo heller lønne seg da.*

*G:... mmm.*

*.....*

09:30

*j:... De her to* (nr. 2 og nr. 6). *Denne er jo tyngre* (nr. 6), *men har samme verdi da. Så den* (nr. 6) *kan jo være grei å ta bort.*

Her ser vi hvordan de oppdager en sentral egenskap ved oppgaven, nemlig at det vil lønne seg å velge den eller de som har størst verdi, når vekta ellers er den samme. Det skulle altså gå nærmere 5 min. før dette kommer tydelig fram i samtalen.

***Andre momenter***

Rundt 05:30 har de avslørt hemmeligheten, dessuten oppdager jenta SJEKK-knappen og foreslår at de må bruke den. Det virker som om det er motiverende å ha en slik knapp å ty til. De bruker den 06:39 da de har et resultat de tror kan være godt. Blir også motivert når de finner ut at de har fått BRA, det nest beste resultatet.

*De roter også ganske mye i skuffen der brikkene ligger og har samlet så mange de får til i hånda. Dette er for å få oversikt. Det kan virke som de savner en plass å legge dem (utenom på brettet).*

Om de så gjenkjente "settingen", så sa de ikke noe om det. Det ble heller ikke vent under samtalen med å forstå problemstillingen. (jfr. *forstå og gjenkjenne…*)

De uttalte heller ikke begreper som forholdstall og koblinger til matematikk-språket. Jfr. punktet om å erkjenne at dette er en logisk matematisk problemstilling.

Vi registrerer at de trenger den roen som en modell uten tidspress gir, for å forstå hemmeligheten som fører til gode resultater.

**Dybdeintervju**

I starten gikk begge glipp av at gjenstandenes verdi var en viktig del av oppgaven. Jenta innrømmer at dette skyldtes slurv.

*J: Jeg leste liksom ikke hele oppgaven. Jeg bare begynte å legge på.*

00:00

Begge fokuserte på den mindre skriften på den nederste delen av informasjonspanelet. Dette var for raskt å få fatt i poenget med oppgaven. (Dette er også kjent fra tekstanalyse, de elever hopper over overskrifter og tekstbokser for å "komme til kjernen".)

De syns ikke modellen var utydelig, men erkjenner at de ”slurvet” med å lese oppgaveteksten.

00:32

*J:... Det var mye kulere å legge på brikkene først, også leste jeg resten av teksten egentlig.*

***... om betydningen av utstillingsmodellens relevans (motivasjon):***

01:00

*G:... Jeg tenkte ikke noe spesielt over det annet enn oppgaven.*

*J:... Jeg vet ikke om motiverende er rett ord, men det ble litt morsommere på et vis ja.*

Vanskelig å vite hvordan en skal tolke en slik uttalelse. Velger å tolke det slik at dette poenget ikke betydde så mye for dem.

***... om å gå fra bra til maks***

*02:40*

*j:... Nei vi prøvde å sammenligne det da. Brikker som hadde. Brikker som ble tre kilo til sammen, også sammenlignet vi med den som er tre kilo alene da. Og så på verdier, om vi fikk mer ut av det da. Så vi prøvde oss litt fram der.*

Her bekrefter de det vi observerte, at de hadde skjønt en viktig del av strategien bak oppdraget.

*... **om tidspress***

Så blir de spurt om modellen ville ha vært mer motiverende å arbeide med om oppgaven skulle løses under tidspress?

*03:20*

*J:... Jeg tror ikke det. Da blir det bare å prøve. Så blir det nesten flaks om du får det til eller ikke.* ***Da får du ikke tid til å tenke deg om****. … Da burde det kanskje være litt mer tid da. At det er litt lite.*

*Nils Kr:... Hva tror du om det? (til G)*

*G:... Det ville blitt stressende. Hadde ikke rukket å tenk på noe...*(noe som ikke kan tydes)

*j:... Du prøver bare å fylle på 20 kilo. Passer på at du ikke overgår overvekten, men at du ikke utnytter... så du får med mest mulig.* ***Du får med 20, men du rekker ikke å tenke på verdien da.***

*Nils Kr:... Så hvis jeg forstår dere riktig, så vil dere foretrekke en sånn løsning som det her.*

*J:... Absolutt.*

Her er de ikke mye i tvil, tidspress vil medfører at man ikke får tid til å tenke seg om, noe som igjen ville medføre at en lett overser kravet om å optimalisere verdien.

Begge gir modellen ”minst” terningkast fem.

***Oppsummering***

Det tar tid før de skjønner at det ikke bare handler om å oppnå en vekt på akkurat 20 kg, men at også verdien skal gjøres størst mulig. De innrømmer at de ikke leste oppgaven skikkelig, men at de hoppet rett ned i beskrivelse. Så er de så vidt inne på tanken om å velge de gjenstandene med

størst verdi, før de skjønner at det handler om å velge de med størst egenverdi. Dette kommer til uttrykk ved at når man har to gjenstander med samme vekt, da gjelder det å velge den av dem med størst verdi.

Det synes ikke så svært viktig for dem at utstillingen refererer til en "kjent", hverdagslig situasjon, det viktigste er at den er engasjerende (artig). De er ikke i tvil om at utstillingen ville ha vært dårligere dersom den inkluderte tidspress, selv om konkurranse er motiverende – *Da får du ikke tid til å tenke deg om* – og – *Du får med 20, men du rekker ikke å få med deg verdien da*. Underforstått at man ikke tar seg tid til å lese nøye gjennom oppgaven.

Begge gir de modellen en femmer.

***"Nærmest null"***

Her står de en stund å leser før de setter i gang. Dette viser at de trenger en del bakgrunnsinformasjon før de kan begynne. Det går nesten ett minutt før de foretar seg noe.

***... om å bygge opp en strategi for å løse problemet.***

De tror først at det er lurt å ha de laveste tallene "bakerst" (det tosifrede tallet til høyre i produktet) og få minst mulige tall, og at de på denne måten kan nærme seg null.

11:54

*J:... Men det er vel lurt å ha lave.... De høye tallene bak da* (peker mot enerne i det øverste tosiffrede tallet) *så det er lave tall som ganges med hverandre, så man får...*

*G:... ja*

*J:... så må vi få et produkt* (peker på produktplassen)

Gutten tar over og bytter brikkene, nå ser han at de to tallene som skal ganges må være mest mulig like, og setter opp følgende:

…x 80 = …

....x 79 = ….

*G:... Det er nesten det samme da.* (plasserer resten av brikkene tilfeldig)

*...*

*G:... så må vi ha høyt på begge her* (peker på enere på de tre-siffrede tallene)

*J:... så likt som mulig må det vel bli. Det må bli et høyt med et lavt og et lavt med et høyt.*

De rokerer om slik at tallene blir likere i verdi. De får tallet 890 i differanse.

14:51

De får nå det beste resultatet (-86). Gutten bytter om sånn at de havner på den positive siden igjen.

***Andre betraktninger***

14:17

Gutten ser at resultatet 890 er dagens beste. Dette virker motiverende på dem begge. Går raskt videre i oppgaven (nøyer seg ikke med dette).

De bruker all tid på å observere nøye og forstå oppgaven samt forsøke å finne en god strategi for å finne den beste løsningen. Liten tid på å gjenkjenne, oppdage kompleksitet og å erkjenne matematiske problemstillinger. Dette er forskjellig fra den andre modellen, der de diskusjonen er mer variert og favner videre. Dette indikerer at "Ut og fly – størst verdi" er en "rikere" modell.

15:55

Når det stagnerer litt, tyr jenta til plakaten for tips. Hun leser at det er lurt å begynne helt på nytt og skrive ned resultatet. Gutten tar fram penn og papir, men jenta tar vekk alle brikkene. Før han rekker å skrive ned noe. Det ender med at han skriver ned dagens beste resultat som jo står på det røde displayet.

Vi legger merke til at tipset om å skrive ned resultatet og begynne helt på nytt, ikke oppdages før etter 6 - 7 min. Å lese mer enn det som er absolutt nødvendig for å forstå oppgaven, er noe av det siste man gjør.

### Dybdeintervju

Dybdeintervjuet fulgte rett etter at de var ferdige med modellen "Nærmest null".

#### *... om å oppdage en strategi:*

07:35

*G:... Prøvde å få den og den så likt som mulig og den og den så likt som mulig* (peker på tiere i de bakerste tallene og enere i de første tallene).

*Nils Kr:... De bakerste?* (peker på enere i et tre-sifferet tall)

*G:... Nei, hver sin side av gangetegnet* (les: hele tallet)

*...*

08:08

*J:... Det er jo ganske stor forskjell om du har ni hundre eller to hundre her, liksom.* (peker på hundrer-plassen)

Her synes det som om de viser til en strategi hvor de forsøker å gjøre de to tallene så like som mulige.

#### *... om å erkjenne at det er en logisk matematisk problemstilling*

08:56

*J:... Om det er pluss eller minus 74, så er det jo like nærme null da.* (differansen)

*Nils Kr:... Ja, forsåvidt. En kan nærme seg null fra begge kanter.*

Denne uttalelsen viser at de skjønner at en kan nærme seg et minimum lik null både fra den negative og den positive siden. Dette er en matematisk erkjennelse.

#### *Andre betraktninger:*

09:23

Jenta sier hun liker matematikk, men bare når det er *ett* svar. Hun liker ikke å måtte teste ut ting og gruble. Det kan være slitsomt. Likevel er det hun som fører an i begge forsøkene. Så sier hun at hun tilslutt bare bytter om på sifrene uten å tenke seg om (dette har vi også hørt før).

*Nils Kr:... Hvordan liker dere matte på skolen?*

*J:... Liker matte ja. Når det er ett svar på ting, men sånn å teste ut igjen og... gang på gang og sånt. Sannsynlighet og… at du gjør det flere ganger. … Grubleoppgaver der du må tenke veldig da.*

*Nils Kr:... syns du det er slitsomt?*

*J:... Det kan være slitsomt ja. Absolutt.*

10:03

*Nils. Kr:... Du liker at matematikken gir et riktig svar?*

*J:... Tilslutt så sitter jeg bare å prøver. Hvis jeg ikke... Hvis det går for lang tid. Da blir jeg rastløs. Da bare bytter jeg tall uten å tenke.*

*Nils Kr:... ja, det er det mange som gjør. Det har jeg sett før.*

***... om konkurransemomentet***

10:58

*J:... Det er jo litt artig når du får den konkurransegreia. At dagens beste står der da. For det er vanskelig å få det til, så er det noen som får det til, da blir det jo litt... Det som er artig med den er det konkurransemomentet i det da.*

*Nils Kr:... Hva syns du om det?* (henvendt til gutten)

*G:... jo.* (hører ikke) *Små barn vil kanskje ikke tenke for mye på det.*

Det synes som de begge setter pris på konkurransemomentet som modellen legger opp til, men at dette ikke betyr så mye for yngre barn.

***... om den"kunstige" problemstillingen***

*11:56*

*Nils Kr:... Hvis dere tenker over... Den er jo litt sånn kunstig den problemstillingen her. Som dere* [ikke] *finner igjen i dagliglivet.*

*J:... nei.*

*Nils Kr:... Er det viktig at dere kan kjenne igjen problemstillingen fra dagliglivet? Eller er det artig nok at den er en kunstig konstruert problemstilling? "Just for fun".*

*J:... Ja, det er artig at den er bare for moro skyld. Ting blir jo ofte artigere hvis du kobler det til noe hverdagslig,* ***men da må det være noe hverdagslig som er litt artig igjen da****. Jeg vet ikke. Den er grei uten også syns jeg.*

Som vi ser så betyr det mer at oppdraget er artig enn at det er realistisk hverdagslig og gjenkjennbart.

Begge gir modellen terningkast fire.

***... om en mulig forbedring***

14:23

Gutten mener det vil være lettere å gi opp dersom "Dagens beste" har et svært lavt skår når man ankommer utstillingsmodellen. Begge syns ideen om en knapp med "din beste" vil være en god forbedring.

***Oppsummering***

Modellen synes ikke så populær som "Ut og fly – størst verdi", den får en enstemmig firer. De lar seg imidlertid engasjere og skjønner ganske snart at de to produktene må bli så like som mulig. Dette mener de å oppnå med å gjøre sifrene i produktene og plasseringen, så like som mulig. De er også klar over betydningen av plasseringen av sifrene, dvs. posisjonssystemet – *Det er jo ganske stor forskjell om du har ni hundre eller to hundre her, liksom* – De lykkes også ganske godt ved at de oppnår 74. De er seg også bevist at fortegnet ikke betyr så mye – man kan nærme seg null både fra pluss- og minussiden.

De synes det er artig at *Dagens beste* resultat står på displayet og gleder seg stort når de slår dette resultatet. De bekrefter at konkurranse er engasjerende. Det er ikke så viktig om problemstillingen er autentisk eller ikke, bare den er engasjerende og artig. De støtter også forslaget om å ha en egen *Min beste* notering.

På spørmålet om de liker matematikk, så svarer J at hun helst vil at oppgaver skal ha ett riktig svar. Hun liker ikke så godt når hun må prøve seg fram mange ganger før man finner et svar, sånn som i statistikk.

## 4.3 Sporadisk observasjon og opptak av publikum som bruker modellene

Her refereres noen få sporadiske observasjoner gjort av publikum via stasjonært kamera.

***"Ut og fly – størst verdi"***

Observasjoner med kamera (i praksis uten lyd) synes å vise at brukerne av denne modellen faller i tre grupper:

1. ***Putteboks-varianten***
   De som ser på geometriene på "hockey-bordet" og tolker modellen som en "putteboks". Dvs. de legger alle brikkene på bordet på "riktig" plass og forventer honnør. Mange av dem trykker heller ikke på START- eller SJEKK-knappen før alle brikkene er på plass. Det er som oftest barn som bruker modellen slik.

*Figur 4.2 Eksempel på hvordan modellen blir brukt som "putteboks"*

2. ***Velg brikker som gir 20 kg***
   Den neste gruppen leser teksten helt eller delvis og tolker oppgaven slik at de skal gjøre et utvalgte av brikkene slik at de kommer nærmest 20 kg, men ikke overskrider denne verdien. Dette er en reell problemstilling, om enn mye enklere enn den tiltenkte oppgaven. Denne tolkninger er det mange både unge og voksne som velger.
3. ***Størst verdi opp til 20 kg***
   Dette er den tiltenkte oppgaven. Dette er en problemstilling som både ungdom og voksne kan komme fram til dersom de tar seg tid til å arbeide med oppgaven og leste teksten grundig. Barn under 10 – 12 år har vanskelig for å finne eller forstå en slik problemstilling.

Siden alle tre fornuftige problemstillinger som har løsninger, kan en tenke seg å honorere alle disse tre variantene på ulike måter. En må imidlertid passe seg for å gjøre modellen for mangfoldig, hvilket kan virke mer forvirrende enn stimulerende.

# 5 Diskusjon

## 5.1 Oppsummering og drøfting av funn for "Nærmest null"

### 5.1.1 Målgruppe og bruk

Vi ser at modellen appellerer til ungdom og voksne (se side 53). Barn har glede av å se at tallene endrer seg og at brikker kan settes på plass i sine posisjoner. De aller fleste innen målgruppen synes å oppfatte problemstillingen omtrent umiddelbart. Mange oppmuntres ved at de raskt kan forbedre sine resultater (redusere differansen) fra tusen-området til hundre- eller tier-området. Det er imidlertid ikke like lett og se framgang dersom oppstillingen som møter dem har en differanse i hundre- eller tier-området. De fleste vegrer seg dessuten for å bryte opp en oppstilling som synes å være nært målet. Noe lettere er det dersom de møter modellen i en tilstand der differansen er høy, selv om dagens beste er lavt. En slik situasjon inviterer til en vellykket konkurranse med seg selv, på veien mot å slå dagens beste.

De som har oppnådd et godt resultat og våger å bryte opp resultatet for å oppnå et enda bedre resultatet, har, dersom de mislykkes i sitt forsøk, en tendens til å angre seg og forsøke å komme tilbake til sitt beste resultat, selv om de burde vite at dette ikke fører dem videre mot en differanse lik null (se side 63). En tydelig frustrasjon vises dersom de ikke lykkes med å finne tilbake til sitt beste resultat. Det er som om de ønsker å si: *Selv om jeg ikke oppnår null, så skal jeg i hvertfall forlate modellen med mitt beste resultat.*

### 5.1.2 Matematiske læringsmål

Målet med modellen er å trene opp kognitive prosesser knyttet til matematikk. At modellen handler om matematikk viser seg å være åpenbart for de vi har snakket med (se side 76 og side 66), men de færreste synes å ha noen formening om hvilke matematiske kompetanser som trenes.

Følgende læringsmål er aktuelle:

- *Overslagsregning:* Når en gjør valg mht. hvilke siffer som skal byttes om, må man gjøre raske overslagsberegninger. Disse overslagene må ta hensyn til hvor stor endring som kreves for å oppnå produkter som nærmer seg hverandre.
- *Posisjonssystemet:* Dessuten må man vurdere konsekvensene av å flytte siffer mellom ulike posisjoner (1-, 10- eller 100-plass). Dette gjelder både plassen man flytter fra og plassen man flytter til.
- *Sifferts verdi:* Videre må man se betydningen av sifferts verdi avhengig den posisjon det flyttes fra og til.

  Dette er en krevende øvelse og selv om de kanskje har skjønt det, så strever de med å utnytte denne kunnskapen, nettopp fordi det er så vanskelig å se konsekvensene av å bytte to siffer (se side 63).
- *Strategi: Å forfølge en strategi kan være lurt dersom en ønsker å gjøre en systematiske utforskning av modellen. Vi har skissert ulike strategier i avsnittet 2.9.1.*
- *Lokale minima:* I tillegg må man vurdere i hvilken grad det er mulig å komme videre ved å bytte om på to siffer, eller om det er smartest å starte helt på nytt.

  Et lokalt minimum vil være en tilstand hvorfra en ikke kommer videre med enkle ombyttinger av siffer, men må gjøre mange ombyttinger via dårligere mellomverdier før man oppnår et bedre resultatet. I praksis vil svært få være istand til å å gjøre slike vurderinger over flere trekk. Det mest nærliggende er derfor å begynne på nytt fra et nytt tilfeldig utgangspunkt.

  *Vi har ikke klart å observere at noen har gitt uttrykt for en forståelse av at de befinner seg nær et lokalt minimum og på det grunnlaget har gjort en total omrokering for å begynne på nytt fra et annet utgangspunkt.*

En ulempe med denne matematiske oppgaven er at en ikke kommer helt i mål med det vi har kalt *suksessive strategier* (se avsnitt 2.9.1), dvs. at en kan følge en sammenhengende strategi fra et hvilket som helst utgangspunkt og helt ned til en differanse på null. Dette er en av modellens svake sider og synes å forvirre publikum (se side 84 og på følgende sider). Dette er en viktig årsak til at en ofte må bryte opp sin "gode" løsning for å finne en bedre. Selv om dette er et vanlig prinsipp i matematisk optimalisering, så er det ikke så naturlig for vitensenterets publikum. Vi foreslår derfor å sette opp en plakat med et tips som oppmuntrer til å starte på nytt. Dersom man nødig vil glemme sin besteløsning, så er det lagt fram papir og blyant slik at publikum kan notere seg oppstillingen (endringen er utført).

Som vi ser er det mange vurderinger som henger meget tett sammen. En fordel er at det ikke har noen negative konsekvenser å undersøke om ens antagelser er riktige eller gale. En får umiddelbart svar når en tester dem, og man kan like raskt angre på en avgjørelse. På den annen side har våre informanter uttrykt at, den samme egenskapen ved modellen fører til at de gjør raske endringer uten å resonnere seg fram til om det er et gunstig trekk eller ikke (se side 91).

### 5.1.3 Tankeprosesser

Modellen inviterer ikke til et *rikt* utvalg av tankeprosesser av de typene som omtales i avsnitt 2.6 på side 33. Den innledende prosessen handler om å forstå problemstillingen og hvordan modellen skal manipuleres. Dvs. *Observere nøye og beskriver hva som er der* (se side 75). Over en viss alder (12 år) synes dette å skje ganske raskt. Det neste er å forstå konsekvensene av sine valg som omtalt i avsnittet foran.

- De skjønner raskt at de to produktene må gjøres så like som mulig (se side 76) og at...
- ... et tall i ett for stort produkt må byttes med et mindre tall i produktet som er for lite og at dette også kan skje mellom øvre og nedre produkt (se side 78)

Dernest må de vurdere *konsekvensene* av å bytte to siffer avhengig av hvilken posisjon det har i tallet (ener-, tier- eller hundrer-posisjon). Dette er som nevnt, en meget vanskelig prosess som ofte går galt. Den krever bl.a. *resonnering basert på evidens*, eller sagt på en annen måte, erfaring hjelper dem til å vurdere konsekvensene av valgene de gjør. Vi har til tider sett tilløp til denne type tankeprosesser (se side 76 og side 84 og følgende sider) og aner at den ligger bak mange handlinger, men den er ikke særlig framtredende i det som sies. Å være trent i overslagsregning er opplagt en fordel når en skal foreta optimale valg av denne typen.

Det som krever aller mest er å bryte opp fra en god oppstilling for deretter å starte på nytt. Dette er en prosess som krever en utvidet forståelse av problemstillingen og at de *bygger forklaringer og foretar tolkninger* ut over det nærliggende, dvs. at de er i stand til å *avdekke kompleksitet og gå i dybden*.

Etter hva vi har observert skjer dette ytterst sjeldent. Dette handler egentlig om å forstå at en kan havne i et lokalt minimum som ikke lar seg løse med enkle ombyttinger. Vi kan derfor, ut fra det vi har observert, slå fast at få klarer å *avdekke problemstillingens kompleksitet* på dette området slik at de velger å starte på nytt. Dette er også i tråd med det Metcalfe fant i sine undersøkelser, se avsnitt 2.7 på side 36.

### 5.1.4 Hinder for tankeprosesser

Undersøkelsen har dermed, på bakgrunn av ovennevnte, avdekket ett tydelige hinder for konstruktive tankeprosesser:

1. **Om å "miste" et godt resultat:**
   Etter som man oppnår stadig lavere verdier for problemstillingen i modellen "Nærmest null", er det vanskelig å komme videre. Som nevnt flere ganger, så har vi observert at publikum kvier seg for å bryte opp en god oppstilling av brikker for om mulig å oppnå et enda bedre resultat. Dette blir vanskeligere å vanskeligere etter som resultatet nærmer seg null. Dersom de likevel bryter opp et godt resultatet og et bedre resultat lar vente på seg, har de en tendens til å forsøke å finne tilbake til sitt tidligere beste resultat, ved å prøve å huske hvordan brikkene lå. Dermed reduseres problemstillingen fra å være en matematisk utfordring, til å bli en øvelse i å gjenkalle en tidligere oppstilling. Med andre ord, "angsten" for ikke å finne tilbake til sitt beste resultat hindrer dem både i å bryte opp et godt resultat for å oppnå noe bedre, og å benytte konstruktive matematikkrelaterte tankeprosesser.
2. **Overbevisningen om at oppdraget kan løses med suksessive strategier:**
   De fleste prøver å løse oppdraget ved mer eller mindre tilfeldig å prøve seg fram. Det er imidlertid noen som finner en logisk strategi som de følger, for så å oppdage at den ikke fører helt fram til målet. Dette er en svakhet ved modellen som gjør at den som velger ikke å følge noen logisk strategi kan lykkes bedre enn den som satser på en logisk strategi over lengre tid. Denne egenskapen ved modellen kan virke frustrerende og demotiverende for de som ønsker å bruke konstruktive tankeprosesser.

De endringene som foreslås, har til hensikt å rydde av veien disse hindringene, og om mulig å berede grunnen for bedre og mer konstruktive tankeprosesser, se avsnitt 5.2.7.

### 5.1.5 Autentisitet

En side ved denne undersøkelsen har vært å påvise hva det betyr at en utstillingsmodell kan knyttes til problemstillinger hentet fra hverdagslivet. Modellen "Nærmest null" kan ikke sies å være en typisk problemstilling som en møter til daglig, med mindre man oppsøker matematiske nøtter og puslerier. På spørsmål om dette betyr noe, fikk vi sprikende svar. Noen oppfattet det motiverende å holde på med:

> *... men det er jo også viktig å ha det artig når vi skal lære noe da...* (se side 66)

Det virket som om de oppfattet oppdraget som lek med tall med innlagt konkurranseelement, og at det ikke betydde noe om problemstillingen var kunstig.

Når vi spør om hva de forbinder utstillingsmodellen med, så er svaret "skole". Det er tydelig at denne typen "kunstig" matematisk problemstilling forbindes ikke med det "virkelige" liv, men med skolehverdagen (se side 80). Om dette oppfattes positivt eller negativt er sterkt avhengig av hvilken holdning brukerne av utstillingen har til matematikk som skolefag. Eller som en av forsøkspersonene uttrykte det:

> *...men vedder på at noen sier: [Jeg] kom ikke her [på Vitensenteret] for å gjøre matte, herregud..."*

Selv om de på denne måten gjør en opplagt *forbindelse/kobling*, så er det ingen matematisk "AHA-opplevelse". De er imidlertid ikke i tvil om at denne utstillingsmodellen handler om matematikk.

En jente på 9. trinn uttrykte følgende (se side 86):

> *B... eller hvis man... det er noen ganger... ja, fordi at det er sånn... hvert fall for noen som hadde vært yngre tror jeg det hadde vært enda mer liksom: "Ja men, Ah... det er jo bare tall, det er jo ikke noe viktig"*

Hun gir inntrykk av at å arbeide med problemstillinger av typen "Nærmest null" egentlig ikke betyr noen ting... "det er jo bare tall". Hun mener at denne oppfatningen blir enda tydeligere hos de som er yngre enn henne. *Hun* blir derimot mer motivert av en problemstillingen som er hentet fra hverdagslivet, som f.eks. "Ut og fly – størst verdi".

Likevel kan hun bli motivert av oppgaver av typen "Nærmest null" når hun har framdrift og ser at hun nærmer seg en løsning:

> *B... ja... liksom... jeg synes jo... jeg synes jo at det er litt artig også å holde på med det... og fikle med det for det blir på en måte sånn: "Skal prøve å slå det, skal prøve å slå det, skal prøve å... slå rekorden nedover"*

Vi ser altså at det er ulike meninger om betydningen av autentisitet (nærhet til kjente hverdagsproblemer).

### 5.1.6 Forsterket engasjement (APE)

Et naturlig spørsmål er om vi har oppfylt hovedmålsetningen ved å bygge en "rik" utstillings-modell som skaper vedvarende engasjement hos publikum ("**A**ctive **P**rolonged **E**ngagement" - se avsnitt 2.5 på side 31). Vi har sett mange eksempler på at enkelte blir stående lenge ved modellen og andre som kommer tilbake for å fortsette (se avsnitt 4.1.1 på side 53). Flere av ungdommene vi spurte gir da også modellen meget høy score. Men spørsmålet er hvor "rik" den egentlig er. Det er begrenset hvor dyptpløyende resonnementene i praksis er. Etter at de har skjønt de grunnleggende sammenhengene synes det å handle om å prøve seg fram og håpe på at de lykkes. Dette understrekes av studenter som har veiledet elever under Matematikkløypa under Abel-dagen 2013 [1] hvor de erfarte at elevene ikke resonnerte, men bare prøvde seg fram. Det samme understrekes av det J uttaler (se side 76):

> *J... Ja jeg gidder ikke gjøre noe annet mer enn bare å gjette meg fram til dette her for så pass rask er jeg ikke i hodet*

At det kan være nødvendig å bryte opp oppstillingen og starte helt på nytt, er en innsikt som få synes å erkjenne. En kan derfor påstå at modellen der og da ikke klarer å framkalle de riktig dyptpløyende resonnementene, men at den oppmuntrer publikums stahet og konkurranseinstinkt slik at de ikke klarer å gi seg. Den skaper engasjement, men klarer ikke å framkalle dype refleksjoner. Dette kommer tydelig fram ved følgende uttalelse (se side 80):

> *A... jeg vil gitt den ehe... en 5'er... siden det egentlig er ganske morsomt hvis du tenker på det, men så er det så...*
>
> *J... frustrerende så man vil fortsette med det*

Opplevelsen av å lykkes er også en viktig motivasjonsfaktor. Det er derfor det er morsommere å starte med en dårlig enn en god "dagens beste". Dette kommer tydelig fram i dette sitatet (se side 66):

> *I... at vi kom så nærme... og at vi kom så nærme så fort så var det jo enda artigere... vi gjorde det jo egentlig ganske fort... det tok jo ikke så lang tid før vi klarte det*

Dette er også årsaken til å lage en "Min beste" som hver enkelt kan resette og slik konkurrere med seg selv.

Vi har flere ganger nevnt at modellen ikke har en *suksessiv strategi* (se side 39) som kan føre fra et hvilket som helst tall og helt ned til null i differanse[2]. For å komme helt i mål må man mest sannsynlig skifte mellom ulike strategier. Fra at man innledningsvis bruke nabotall (se avsnitt 2.9.1 på side 39), for deretter å begynne på nytt og til å bruke enkle minimaliseringsstrategier. På den ene siden gjør dette utstillingsmodellen rikere, på den andre siden mer forvirrende.

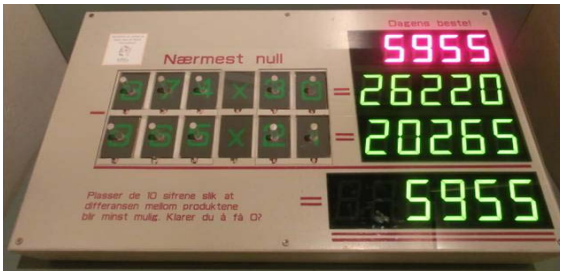
---

1. Oppgaven "Nærmest null" ble brukt under Matematikkløypa under Abel-dagen 23. mai 2013 ved NTNU. Den nevnte uttalelsen falt under opplæringen av studentguider til Matematikkløypa våren 2014
2. Det betyr selvfølgelig ikke det ikke finnes utgangspunkt som kan føre fram til en differanse lik null, men at mange fører fram til et i et lokalt minimum til tross for at man følger en fornuftig strategi.

Vi ser også at de som starter med en logisk strategi har en tendens til å gi opp under veis for så å gå over til en mer ureflektert prøving og feiling med utgangspunkt fra sitt besteresultat.

Det er med andre ord en modell som enkelte blir "hekta på". Målet er tydelig, det er lett å prøve seg fram, responsen er umiddelbar og det er vanskelig å oppnå det beste resultatet. Modellen er dermed svært engasjerende for de som liker matematiske puslerier, men det er for lett å ende opp med bare å prøve på måfå framfor å sette igang dypere tankeprosesser.

### 5.1.7 Forslag til forbedringer




Etter gjennomgang av observasjoner og intervjuer foreslåes følgende endringer for modellen "Nærmest null". Imidlertid er det ikke realistisk å få gjennomført alle disse endringene på prototypen (se avsnitt 5.1.8 på side 100). De resterende vil imidlertid bli realisert hos de dupliserte modellene.

#### *Funksjonelle forbedringer:*

- *Bakgrunn:* Publikum viser frustrasjon over at de ikke klarer å komme i nærheten av *"Dagens beste"* som noen ganger kan være svært lav når de møter modellen.

  *Forbedring:* I tillegg til *"Dagens beste"*, suppleres med "Min beste" som publikum kan resette med en knapp ved siden av displayet. Dermed kan de konkurrere med seg selv i tillegg til å konkurrere med *"Dagens beste"*.

- *Bakgrunn:* Observasjoner viser at publikum kvier seg for å forlate en "god" verdi fordi de er redde for å ikke komme tilbake til sitt beste resultat. Dersom de likevel "roter bort" en god oppstilling, vil de bruke mye tid på å forsøke å finne tilbake til sin beste oppstilling, i stedet for å forsøke å finne en ny og bedre verdi. Vår antagelse er at dette hindrer konstruktive matematiske tankeprosesser.

  *Forbedring:* Ved å legge ut papir og blyant, har vi et håp om at publikum i større grad kan tillate seg å prøve nye løsninger, siden de ved å notere sin beste oppstilling, lett kan komme tilbake dit.

- *Bakgrunn:* Flere har uttrykt at de ønsker seg et tips når de ikke kommer videre.

  *Forbedring:* Ved å sette opp en plakat som oppmuntrer til å bryte opp en god oppstilling for så å begynne på nytt. Dette kan gjøre at det kommer seg ut av et lokalt minimum.

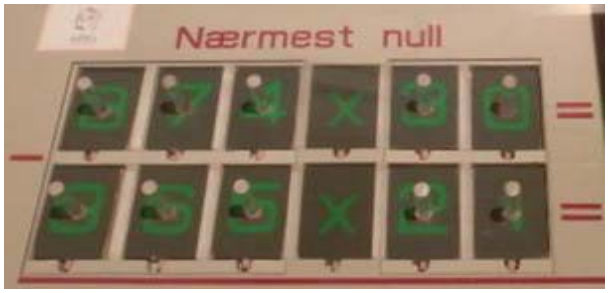
#### *Betjeningsmessige forbedringer:*

- *Bakgrunn:* Noen uttrykker at de blir forvirret over at det kan se ut som om multiplikasjonstegnet, "x" også kan flyttes, mens det er gjort utilgjengelig under pleksiglass.

  *Forbedring:* Prototypen er laget for å teste ut ulike varianter av modellen. Det er derfor mulig å bytte operatortegnet ("x" med "+") og på den måten gjøre modellen enklere. Dette byttet må gjøres av teknikker. Operatorenes bakgrunnsfarge gjøres lik fargen på kassen heller enn bakgrunnsfargen til tallene (se figuren under til høyre).

- *Bakgrunn:* Vi har hørt publikum si at pleksiglasshåndtakene på sifrene virker lite estetiske.

  *Forbedring:* En vurderer å gjøre tallene så tykke at de stikker opp over plata og på den måten lett kan gripes. Alternativt vurderes mer estetisk elegante håndtak.

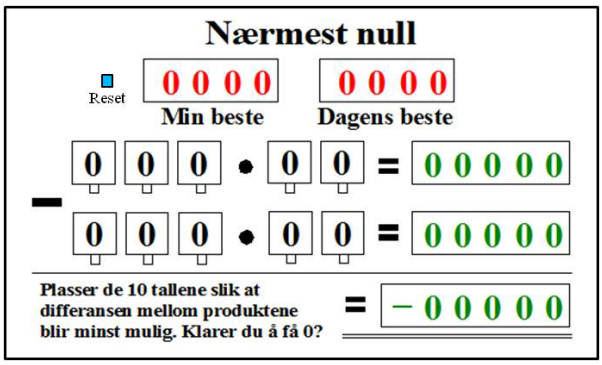



- *Bakgrunn:* Noen har uttrykt at det kan være forvirrende at "Dagens beste" står rett over regnestykket til høyre. Dette displayet er strengt tatt ikke en del av regnestykket og bør plasseres et annet sted.

  *Forbedring:* "Dagens beste" plasseres øverst på midten sammen med "Min beste".

- *Bakgrunn:* Det er uttrykt ønske om å tydeliggjøre at det faktisk er mulig å oppnå null

  *Forbedring:* På en informasjonsplakat ved siden av modellen informeres det om at:
  - Det er mulig å oppnå null
  - Det er så langt funnet ca. 50 forskjellige løsninger som gir null (se vedlegg B.2 på side 120)




### *Tekniske forbedringer:*

- *Bakgrunn:* Magnetene som koder tallene må festes godt slik at de ikke dras ut av posisjon dersom to tallbrikker holdes bort til hverandre (se figuren over til høyre).

  *Forbedring:* Magnetene limes fast i sine posisjoner.

- *Bakgrunn:* I enkelte sammenhenger har det for teknikerne vært behov for å resette modellen slik at den begynner på nytt med høyeste verdi på "Dagens beste".

  *Forbedring:* Det lages en skjult resettknapp under modellen.

- *Bakgrunn:* Under hvert siffer ligger et sensorkort som er koblet opp for hånd. Disse er svært tidkrevende å montere.

  *Forbedring:* Sensorkortene legges ut som trykte kretskort og produseres i Kina eller USA.

### 5.1.8 Oppgradering av eksisterende prototyp

Det er ikke realistisk at alle de nevnte forbedringene kan testet ut på prototypen, da endringene blir for omfattende og dermed for dyre. Under er en liste over det som ble endret på prototypen i utstillingen våren 2014.

- Det legges fram papir og blyant slik at publikum kan notere ned sin beste oppstilling
- Magnetene limes fast slik at de ikke dras ut av posisjon.
- Det settes opp en informasjonsplakat som informerer om at det er mulig å oppnå null og at der funnet nær 50 løsninger så langt.

- Det gis tips til publikum om at det kan være lurt å starte helt på nytt dersom en opplever at en har kjørt seg fast.

Følgende er ennå ikke gjort når dette skrives:

- Bakgrunnen for "multiplikasjonstegnet" fargelegges i samme farge som overflata til boksen, slik at ingen skal tro at denne kan flyttes av publikum.

#### 5.1.9 Erfaringer etter oppgradering

Etter at modellen ble endret er det foretatt dybdeintervju av en jente (15), og en gutt (17) og en jente (19) som jobbet sammen. Grunnlaget for å uttale seg om konsekvensene av endringene må sies å være noe marginale.

Følgende ble observert:

- ***... om å tørre å bryte opp en god løsning og begynne på nytt***
  Selv om det lå blyant og papir ved siden av modellen, brukte ikke jente (9) denne mulighet under sin utprøving. Paret som jobbet med modellen oppdaget den etter flere minutter. Årsaken synes å være at de ikke leser teksten på plakaten, men venter til det begynner å butte imot. Vi har imidlertid senere erfart at lappene blir brukt.
- ***... om å informere om løsninger***
  Det er laget en plakat som gir litt bakgrunnsstoff for oppgaven. Her nevnes det at det finnes mange løsninger og at 50 er funnet. Dersom noen skulle finne en løsning som gir en differanse på null, så kan de levere den i butikken og undersøke om dette er en helt ny løsning som ikke er kjent fra før, eller om andre har funnet den tidligere. Vi vet imidlertid svært lite om hvordan publikum bruker plakaten.

Undersøkelse er så langt for beskjedene til å kunne si noe om betydningen av endringene gjort med modellen "Nærmest null".

### 5.2 Oppsummering og drøfting av funn for "Ut og fly – størst verdi"

#### 5.2.1 Målgruppe og bruk

Modellens målgruppe er ungdom og voksne, likevel ser vi at den har stor appell til de som er langt yngre. Vi har observert at bruken av modellen faller innen tre kategorier:

***1. Putteboks:*** De yngste bruker imidlertid modellen som en "putteboks" og forsøker å legge alle brikkene på "riktig" plass, så trykker de på startknappen for å høste gevinsten av sine "vellykkede" plasseringer. Denne uteblir imidlertid. Vi har også observert at voksne sammen med mindre barn, synes å støtte dem i denne "misforståtte" bruken av modellen.

***2. Nærmest 20 kg:*** Andre som kun leser oppgaven overflatisk, tolker oppdraget slik at de skal velge de av brikkene som gjør at en kommer opp til 20 kg uten å passere denne grensen. Dersom man ikke har brukt modellen tidligere kan en godt tenke seg at dette kan være en utfordring siden alle brikkene har forskjellig vekt.

***3. Størst verdi opp til 20 kg:*** Så er det til slutt de som skjønner oppdraget slik det var tiltenkt, nemlig å gjøre verdien av de valgte gjenstandene størst, men holde seg under 20 kg. Blant disse har vi bare i svært få tilfeller sett at noen har oppnådd høyeste score, mange oppnår derimot nest høyeste score: "Bra"

Selv om det statistiske materialet er begrenset (102), så ser det ut til at modellen har noe større appell hos voksne (V - 51) enn hos ungdom og barn (U - 27, B - 24). Videre er voksne menn/ungdom gutter (VM/UM - 44) hyppigere brukere en kvinner/ungdom jenter (VK/UK - 34). Ser vi på gjennomsnittstiden ved modellen Så er ungdom gutter de som er der lengst med hele 3 min 17 sek.

hvilket er en meget høy gjennomsnittstid. Ungdom jenter kommer på en andre plass med 2 min. 48 sek. Mens barn gutter er der kortest med 1 min 11 sek. Dette kan skyldes at barn er innom modellen og benytter den som "putteboks" som er relativt fort gjort.

Det må imidlertid presiseres at det er mange sider ved undersøkelsen som ikke er drøftet i denne sammenhengen. For det første så er det ikke undersøkt om forskjellene er signifikante med det antall observasjoner som er gjort. Videre er resultatene ikke korrelert mht. i hvilken sammenheng de enkelte opptrådte. De som var ved modellen lenge, tilhørte de grupper eller opptrådte de som enkelt personer, eller var det slik at voksne ble ved modellen fordi de var sammen med sine barn som kom og gikk? Disse dataene forefinnes, men er ikke inkludert i analysen på grunn av begrenset tid.

Mer informasjon finnes i avsnitt 4.1.2 på side 55.

### 5.2.2 Matematiske læringsmål

Matematikken er ikke like åpenbar hos denne modellen som for "Nærmest null", til tross for at det handler om vekt og verdi, og til en viss grad om geometri, da formene på gjenstandene må gjenkjennes for at de skal havne på rett plass. De vi har snakket med har likevel ganske tydelig uttrykt at dette handler om matematikk (se side 61). Årsaken til dette synes å ligge i det faktum at mange, som når de først har oppfattet hva modellen egentlig handler om, også skjønner at...

- ... det er lurt å legge på gjenstander som har høyest **verdi pr. vektenhet** (størst "egenverdi")
- ... det handler det om å gjøre **overslagsregning** slik at man kan velge de med størst "egenverdi". Siden både vekt og verdi er forskjellig for de ulike gjenstandene, så blir det desto viktigere å gjøre gode overslag.

Oppgaven er en klassisk optimaliseringsoppgave som kan bli svært kompleks dersom antallet gjenstander blir stort nok. Det handler derfor også om å oppdage kompleksiteten i det hverdagslige.

Modellen har også en annen god egenskap, nemlig at den kan løses ved hjelp av suksessive strategier (se avsnitt 2.9.2 side 44). Dersom man innser at det handler om å velge gjenstander med høy "egenverdi" så vil man til slutt komme fram til det beste resultatet om man samtidig optimaliserer på en vekt lik 20 kg. Dette gjør at modellen virker logisk.

### 5.2.3 Tankeprosesser

Det første en legger merke til er hvordan publikum tolker oppdraget. Dette handler om å ta seg tid til å lese gjennom beskrivelsen dvs. ***observere nøye og beskrive hva som er der*** (se side 68). Grunnen til at få gjør denne øvelsen kan ha forskjellige årsaker. Den mest åpenbare er at panelet med beskrivelsen er for omfattende. Videre at selve kofferten og brikkene inviterer til å ta dem opp og legge dem på riktig sted. Dvs. oppgaveteksten inviterer ikke sterkt nok til å bli lest nøye. Dermed blir overskriften viktig: Størst ***verdi*** opp til 20 kg. Dette ble svært tydelig i de innledende observasjonene da overskriften ved en feil hadde blitt: Størst ***vekt*** opp til 20 kg. Hvilket medførte at svært få virkelig skjønte hva oppgaven egentlig gikk ut på.

Når vi observerer at de løser oppgaven etter intensjonen, så legger vi merke til at de fleste etter en stund skjønner at de bør velge brikker med høyest verdi pr. vekt. Dette er en konklusjon som ikke framgår av oppgaven, men som skyldes en logisk-matematisk tankeprosess, dvs. de har ***bygget en forklaring eller fortolkning*** av problemstillingen (se side 57 og side 82). Dette er det mulig å forstå ved at de velger noen utvalgte brikker som er tydelige på dette punktet (vi har også observert at de forteller hverandre om denne oppdagelsen).

Når vi ser at de velger disse brikkene så er de i gang med å ***resonnere basert på evidens***, dvs. de må etterprøve om antakelsen stemmer (se side 58). Dette er også å ***foreta en forbindelse eller kobling*** mellom de to egenskapene vekt og verdi. Når de har skjønt dette så har de i bunn og grunn ***fanget essensen og formulert en konklusjon*** som vil føre dem til målet. B (jente på 9. trinn) uttrykker dette slik under dybdeintervjuet:

> *B... at du må prøve å få maksimum verdi, men med så lite vekt som mulig, men jeg antok at det at den sa opp til 20 kg så ville den ha meg til å få 20 kg*
>
> *NKR... aha*
>
> *B... fordi at han også begynte jeg å tenke... for at først så tenkte jeg... to forsøk jeg hadde forskjellig logikk på begge først så sa jeg, hva er det som har best verdi pr. vekt? Den her har 100 kr./kg. Det var ganske bra. Den* (62,5 kr./kg) *har ganske dårlig... liksom det er 25... det er ca. 50 kr./kg... det er sånn litt rundt*

Denne erkjennelsen fører denne jente helt til mål etter to forsøk.

Som vi senere skal se så oppfatter publikum koblingen til en virkelig situasjon som handler om å skulle ut og fly, dvs. de ***gjør forbindelser/koblinger*** til kjente hverdagsproblemer.

### 5.2.4 Hinder for tankeprosesser

Undersøkelsen har avdekket to tydelige hindringer for konstruktive tankeprosesser:

1. **Om å la seg stresse av tidsfristen:**
   Løsning av oppgaven "Ut og fly – størst verdi" krever at publikum skal løse den innen en tidsfrist på 1 min. Denne tidsfristen fratar publikum den roen som kreves for å utvikle konstruktive tankeprosesser. De lar seg stresse av tidsfaktoren og observasjoner synes å vise at de prøver seg fram framfor å bruke matematiske resonnementer (se side 58).

   > *O... tida går ut snart*
   >
   > *I... ja... skal vi ta den på 6 da... da blir det akkurat 20 kg... så får vi 500 i verdi*
   >
   > *O... greit*

   Likevel så synes noen at tidsfaktoren tilfører modellen en kvalitet som stimulerer deres konkurransebehov. Uten denne stressfaktoren synes det som om modellen vil miste noe av sin attraktivitet. Når vi spør om det er greit at det er satt en tidsbegrensning på oppdraget svarer A og J:

   > *A... jaaa... ellers har det ikke vært så morsomt da... ellers så kunne en bare ha stått der å regnet... imens jeg...*
   >
   > *J... en kan jo liksom forsatt bare regne det ut først og så starte den...*

   og videre:

   > *A... men uten tid så hadde det jo vært kjempe lett liksom... da hadde det jo vært mye mindre... liksom... med tid så blir det mye mer stressende og oppgaven blir mer vanskelig også*

   Kan det være slik at jenter lar seg stresse av tidspresset, mens gutter blir motivert av det samme stresset. I så fall skulle en tro at modellen er mer attraktiv for gutter/menn enn for jenter/kvinner noe som ikke synes å stemme utfra målinger som ble gjort før modellen ble endret (da var det en overvekt av kvinner som brukte den (dette er ikke gjengitt her)). Her aner vi en grunnleggende utfordring: Må man velge å prioritere *attraktivitet* eller *konstruktive tankeprosesser*?

   I vår videre uttesting har vi valgt å ta bort tidspresset for å se om dette gir økt ro til matematiske tankeprosesser. I dette ligger en formening om at tankeprosessen er viktigst i denne sammenhengen. Det er heller ikke urimelig med store individuelle forskjeller. For noen virker tidspress stimulerende for konstruktive tankeprosesser, for andre er det fullstendig lammende.

2. **Om å miste kontroll over modellen:**
   Modellen "Ut og fly – størst verdi" har sin egen "regi" ved at så snart man trykker på START-knappen så begynner tiden å gå og registrere vekt og verdi for de brikkene som legges i kofferten. Publikum har ingen mulighet til å påvirke forløpet, annet enn å sjekke hvor høy score de har oppnådd. Sammen med tidsfaktoren har vi observert at det kan gå lang tid før publikum skjønner modellens "regi". Dette forvirrer og stresser dem og hindrer den ro som skal til for å bygge konstruktive tankeprosesser. Dette gjelder spesielt guttene A og J som blir svært forvirret av dette (se side 69):

   *A... Hææ??... hva gjorde du?* (Brikkene glir av bordet)

   *J... du tok dem av...* (J antyder at siden A løftet på brikkene så avsluttet modellen og blåste brikkene av bordet)

   *A... kan man ikke gjøre det?*

   *J... nei* (altså en feilslutning)

   *A... hvorfor ikke?*

   Noe senere ser vi det enda tydeligere:

   *A... ja... jeg skjønner ikke helt hva denne blæse-greie skal gjøre... bare start* (forsøker igjen å starte modellen før den er ferdig med forrige økt, det røde lyset blinker, kjenner etter med hånda om det kommer luft)*... starter det bare vi legger på?*

   Modellens regi er noe publikum selv må finne ut av. Vi ser at dette er en krevende øvelse som virker svært forvirrende. Det er også noe det er vanskelig å formidle gjennom skriftlig informasjon. Siden den kompliserte "regien" er knyttet til tidsbegrensningen. Dette vil forenkles betraktelig når tidskravet fjernes.

De endringene som foreslås har til hensikt å rydde av veien disse hindringene, og om mulig å berede grunnen for bedre og mer konstruktive tankeprosesser, se avsnitt 5.2.7.

### 5.2.5 Autentisitet:

Den mest opplagte ***koblingen eller forbindelsen*** er knyttet til utstillingsmodellens forsøk på å være autentisk. Dvs. dens relevans i forhold til å skulle ut å reise og at en dermed må forholde seg til en vektbegrensning på fly. Dette er imidlertid en noe kunstig autentisitet, hvilket også noen i referansegruppa har påpekt, da en sjelden optimaliserer utvalget av gjenstander en skal ha med seg ut fra verdi. Snarere vil man forsøke å minimalisere verdien med tanke på faren for å miste verdigjenstander i løpet av reisa. Bruksverdi, vekt og volum ville i så fall vært mer realistiske optimaliseringskriterier. F.eks.: Velg flest gjenstandene innen 20 kg og koffertens volum. Eller, som noen foreslo, knytte problemstillingen til en ranssituasjon, hvor optimalisering av høyest mulig verdi innen koffertens volum, ville være en aktuell problemstilling.

Å vurdere realismen og konsekvensene av problemstillingen kan være en måte å ***Vurdere ulike synspunkter og se perspektiver*** på. Dog er dette synspunkter som er framkommet i diskusjoner i referansegruppen og ikke noe vi har observert hos publikum i utstillingen.

Da vi spurte jentene O og I om hvilken betydning det hadde at problemstillingen var hentet fra virkeligheten, svarte de (se side 66):

*O... litt betyr det*

*I... men det er jo også viktig å ha det artig når vi skal lære noe da... så er det jo det... du vil jo at det skal være artigst mulig å gjøre da... det vil det jo... men den andre er jo artig den også* (referer til "Nærmest null")*, det er jo ikke det... men...*

Som vi ser så betyr ikke gjenkjenningen så mye for dem, det viktigste er at problemstillingen er artig og engasjerende. En kan imidlertid ikke se bort fra at gjenkjenningen kan ha betydning for i hvilken grad publikum blir tiltrukket av modellen. Når de først begynner å arbeide med problemstillingen betyr det ikke så mye, bare det er "artig". Når vi spør jenta B om det samme svarer hun (side 105):

> *B... ja egentlig for da lokker det litt*
>
> *NKR... synes du det*
>
> *B... det er mange som synes at det å fly er veldig spennende for da er det liksom noe som... ahm... liksom noe som... ahm...det er liksom... å nå skal jeg ut på ferie... dette blir kult... altså det er på en måte... litt sånn... ehm... hva heter det?... er det "subconscious"*

Hun mener at modellen slik den er utformet lokker publikum bort til seg, fordi *"det å fly er veldig spennende"*.

Vi spurt også om de synes det ville vært bedre om gjenstandene i kofferten hadde vært formet som reelle verdigjenstander, som smykker, mobiltelefon, iPad osv. i stedet for geometriske figurer. Guttene A og J svarte slik (se side 73):

> *NKR... OK... ville det ha vært bedre om de hadde sett ut som et... kamera her og en mobiltelefon her osv.?*
>
> *A... vedder på at de fleste sikkert heller ville ha sett... eller... ja da ville det sikkert ha... da ville det sikkert ha vært flere barn som hadde kommet til å sett på den... så det ville godt vært en tanke å gjøre det*

Når A får tenkt seg litt om sier han:

> *A... å ha liksom sånn bilder av dem liksom sånn kamera og mobil kunne egentlig ha vært ganske smart*

Det kan virke som om det ikke betyr så mye for disse to, men de tror kanskje at modellen ville ha appellert til flere, spesielt yngre barn, dersom brikkene hadde vært utformet slik. På den annen side ser vi at yngre barn nettopp blir fascinert av de geometriske formene.

### 5.2.6 Forsterket engasjement (APE):

Det er noe uklart hvor god modellen er mht. å skape forlenget engasjement. Modellen er ganske ensporet og gir ikke mange muligheter for å angripe problemstillingen på ulike måter. Har man først skjønt at det handler om å velge de gjenstandene som har størst verdi pr. vektenhet, så gjelder det å finne disse gjenstandene samtidig som man forsøker å komme nærmest opp til 20 kg og helst akkurat 20 kg. Kompleksiteten er bestemt når antall gjenstander med tilhørende vekt og verdi er gitt. En kan imidlertid håpe at publikum er istand til å generalisere, dvs. ***Fange essensen og formulere konklusjoner*** om at en, i utgangspunktet enkel problemstilling, egentlig kan være svært kompleks.

Vi registrerer at jentene B (side 81), I og O (side 57) ganske raskt oppdager at det handler om å velge de gjenstandene med størst verdi pr. vektenhet, mens det for guttene A og J tar lengre tid. En medvirkende årsak til dette er sannsynligvis at I og O har fått arbeide med modellene før opptaket, mens A og J møter modellene for første gang under opptaket. At jentene er 3 – 4 år eldre enn guttene, kan også ha noe å si. B derimot, er ei jente (15) som møter modellen for første gang, og som knekker koden umiddelbart (side 103).

Selv om de to jentene faktisk skjønner hemmeligheten med modellen, så klarer de ikke å oppnå maksimal score. Dette skyldes at det er svært små marginer mellom nest best og best, som en kan si er med å gjøre modellen rikere. På den annen siden kan det være litt tilfeldig om man oppnår "Bra" eller "Hurra maks.".

B derimot løser oppdraget og oppnår "Hurra maks." etter andre forsøk, hvilket viser at det er store individuelle forskjeller. Noen ganger kan det også synes å være en fordel å arbeide alene slik at en får mer ro til å konsentrere seg. Det må også bemerkes at B brukte modellen etter at tidspresset var fjernet (se avsnitt 5.1.8).

I avsnitt 2.9.2 drøftet vi hvor matematisk rik modellen "Ut og fly – størst verdi" er, og kom fram til at den er matematisk enklere enn "Nærmest null". Har man først skjønt at det først og fremst handler om å velge gjenstander med høy egenverdi i tillegg til at man passer på å oppnå 20 kg, så går veien rett fram til løsningen. Vi omtalte tidligere denne som en modell hvor man med hell kan anvende en *suksessiv strategi*, dvs. at man kan følge en strategi fra begynnelse til slutt og på den måten oppnå maks score.

### 5.2.7 Forslag til forbedringer

Etter gjennomgang av observasjoner og intervjuer foreslåes følgende endringer for modellen "Ut og fly – størst verdi". Det er imidlertid ikke realistisk å få gjennomført alle forbedringer på prototypen (se avsnitt 5.1.8 på side 108). De resterende forbedringer vil bli utført på de dupliserte modellene.

***Funksjonelle forbedringer:***

- *Bakgrunn:* Vi har merket at når brikkene er lagt på plass på "hockey-bordet" så forsvinner informasjonen om vekt og verdi siden denne informasjonen befinner seg kun på bordet og ikke på brikkene.

  *Forbedring:* Brikkene forsynes med vekt og verdi, gravert ned i gjenstandene og gjort hvite (utført på prototypen).

- *Bakgrunn:* Observasjon har vist at publikum strever med å finne riktig brikker fordi det er vanskelig å se formen når den ligger nede i oppsamlingsrommet foran i kofferten.

  *Forbedring:* "Hockey-bordet" forlenges og skråstilles i nederkant slik at brikkene blir liggende nederst på bordet når de ikke er i bruk. Dermed har publikum full oversikt. Dette området kan ev. merkes eller skråstilles slik at det skiller seg fra resten (dette realiseres først ved dupliseringen).

- *Bakgrunn:* Alt ved første observasjon oppdaget vi at publikum i liten grad leste hele teksten på panelet, siden svært få skjønte hva modellens oppdrag egentlig gikk ut på. Det de leste var "overskriften": **"Størst *vekt* opp til 20 kg".** Dette var en feilskrift. Det riktige var: **"Størst *vekt* opp til 20 kg".** Med andre ord publikum syntes å lese, men bare "overskriften". Selve oppgaveteksten var helt klar på hva som egentlig var oppdraget. Feilen ble rettet ikke mange dagene etter at modellen var satt ut i utstillingen.

*Forbedringer:* Sørge for at oppdraget tydeliggjøres gjennom utstillingsmodellens "overskrift". Ellers reduseres teksten maksimalt og organiseres slik at en oppnår en naturlige forflytning av blikket over panelet (fra venstre mot høyre, fra øverst til nederst).

### *Læringsmessige forbedringer*

- *Bakgrunn:* Vi har observert at flere ønsker å ha kontroll over modellen, slik at de kan bestemme, ikke bare når de skal starte, men også restarte modellen. Når publikum først har trykket på START-knappen, så er det modellen som har "regien", og det er ikke mulig å avbryte prosessen. Det synes særdeles viktig at publikum gis størst mulig frihet og kontroll over modellen, dersom de skal være i stand til å ha fokus på matematikken og modellens læringsaspekt.

*Forbedring 1:* Tidspresset fjernes, hvilket også medfører at dioderekken, som indikerer at tiden går, fjernes (utført på prototyp).

*Forbedring 2:* START-knappen fjernes. Det vil si at modellen er aktiv hele tiden, men vil rydde bordet når ingen har manipulert modellen på en stund (f.eks. 60 sek.) (se forslag til nytt panel til høyre) (utført på prototyp).

*Forbedring 3:* Det vurderes å fjerne SJEKK-Knappen og la resultatet komme opp fortløpende mens publikum arbeider. Vi har imidlertid valgt å beholde knappen da vi tror den vil stimulere til refleksjon istedet for "blind" prøving og feiling (ikke fjernet på prototyp, og vil beholdes i duplikatene).

- *Bakgrunn:* Mange barn blir fascinert av modellen, men bruker den på en annen måte enn tiltenkt. De legger alle formene på riktig plass og forventer honnør når alt er på rett plass. Denne bruken har også et læringspotensial ved at de legger rett geometrisk form på rett plass. Det de ikke vet er at de vil få samme respons selv om alle legges på feil plass, bare alle optiske sensorer er tilstrekkelig tildekket.

  *Forbedring:* Det vurderes og gi respons når alle brikker ligger på rett plass. Honnøren kan komme i form av en kort fanfare med påfølgende tømming av bordet (ikke realisert på prototypen).

### *Tekniske forbedringer:*

- *Bakgrunn:* Modellen kan være sensitiv for belysning om terskelnivåene til lyssensorene er stilt litt uheldig.

  *Forbedring:* Det vurderes å bruke RFID for deteksjon av de ulike brikkene.

#### 5.2.8 Oppgradering av eksisterende prototyp

Av rent økonomiske årsaker så har vi ikke mulighet til å teste ut alle endringer på de to prototypene. Vi foreslår derfor at følgende endringer gjøres på eksisterende prototyper, for deretter å gjøre resten på duplikatene:

Brikkene merkes med vekt og verdi i sort skrift på hvit folie.

- Tidskravet fjernes og dermed også lysdiodene som viser at tiden går
- START-knappen fjernes
- Oppdragsteksten forenkles mest mulig (se figuren til venstre).

Programmet modifiseres slik at:

- Bordet ryddes når ingen endring har skjedd med brikkene i løpet av 60 sekunder.
- Akkumulert vekt og verdi vises kontinuerlig på displayene
- SJEKK-knappen beholdes, dvs. at man må trykkes for å sjekke status

Bildene over viser resultatene forandringene.

### 5.2.9 Erfaringer etter oppgradering

Etter at modellen ble endret er det foretatt ett opptak med kamera av en jente i 9. trinn og opptak med en gutt (17) og en jente (18) i par.

Følgende ble observert:

- ***... om å oppfatte oppdraget***
  Jente B syntes å ta seg god til med å lese oppdraget og viste i intervjuet etterpå at hun ikke hadde noen problemer med å skjønne oppdraget. Hun løste den på en meget god måte.
- ***... om å forstå modellens "regi" og om å få oversikt***
  Siden modellens oppførsel nå er temmelig forutsigbar, så registrerte vi ingen forvirring mht. hvordan modellen oppførte seg. Jente B stusset imidlertid på at "hockey-bordet" ble blåst rent etter 60 sekunders inaktivitet under intervjuet. Dette ser ikke ut til å være noe problem mens hun arbeidet med modellen, siden 60 sekunders inaktivitet er svært uvanlig.

Flere av våre informanter har gitt uttrykk for at de har problemer med å ha oversikt over de brikkene som ikke er i bruk. Dette var også en utfordring etter endringene, selv om deltagerne nå ikke hadde tidspress på seg, så observerte vi tydelig at de ønsket å legge brikkene utover for å få bedre oversikt, hvilket det ikke er plass til (se kommentar side 88).

- ***... om å ikke bli stresset av tidspress***
  Forsøkspersonen syntes å arbeide meget systematisk og fokusert på de matematiske utfordringene knyttet til modellen. Når hun blir spurt om hvordan hun tror det ville ha vært å løst oppdraget med tidspress, svarer hun:

  *B... ehm... jeg tror man ville ha vært mer sånn stresset... det spørs jo hvordan stress virker på forskjellige folk*

  *NKR... ja helt klart*

  *B... så liksom... jeg tror nok det ville tatt meg litt lengre [tid] fordi da hadde vært sånn: Bare prøv... bare prøv... bare prøv noe,... men når... jeg være mer avslappet og tenke sånn:... Hm... hva kan jeg gjøre nå for å få det best mulig*

  Som vi ser, så uttrykker hun at hun da ikke ville hatt den roen hun trengte for å løse oppgaven. Hun ville ha brukt lengre tid.

  Vi spurte gutt (17) og jente (18) som brukte modellen etter at tidspresset var tatt bort om modellen ville ha blitt mer attraktiv de hadde å hatt tidsfrist for løsning av oppgaven:

  *J:... Jeg tror ikke det. Da blir det bare å prøve. Så blir det nesten flaks om du får det til eller ikke.* ***Da får du ikke tid til å tenke deg om****. … Da burde det kanskje være litt mer tid da. At det er litt lite.*

  *Nils Kr:... Hva tror du om det?* (til G)

  *G:... Det ville blitt stressende. Hadde ikke rukket å tenk på noe...*(noe som ikke kan tydes)

  *j:... Du prøver bare å fylle på 20 kilo. Passer på at du ikke overgår overvekten, men at du ikke utnytter... så du får med mest mulig.* ***Du får med 20, men du rekker ikke å tenke på verdien da.***

  *Nils Kr:... Så hvis jeg forstår dere riktig, så vil dere foretrekke en sånn løsning som det her.*

  *J:... Absolutt.*

  Disse to er tydeligvis ikke i tvil om at modellen ville ha blitt mindre attraktiv med tidspress.

Ut fra disse erfaringene synes det som om vi har oppnådd det vi ønsket, nemlig å gi publikum tilstrekkelig ro til å framkalle de konstruktive tankeprosessene som omhandler matematikken i oppdraget. Oppdraget kan derfor oppfattes å ha blitt noe enklere, men hensikten kommer tydeligere fram. Men som sagt datamaterialet er begrenset. Et annet spørsmål er om miljøet rundt modellene oppmuntrer til refleksjon og ettertanke, men det er et annet spørsmål.

## 5.3 Forskningsspørsmål og problemstilling

La oss til slutt i dette kapittelet forsøke å besvare forskningsspørsmålene.

### 5.3.1 "Ut og fly – størst verdi"

***Målgruppen***

- *Hvilke målgrupper appellerer utstillingen til og i hvilken grad når vi ungdomsgruppen med denne type modeller?*

Datamaterialet som kartlegger brukstid pr. brukergruppe omfatter 102 helgebesøkende innen alle alderskategorier. Opptaket er gjort etter at modellen ble modifisert.

I dette materialet er menn den største brukergruppen med kvinner rett bak, tilsammen utgjør voksengruppen 50%. Ungdom utgjør ca. 27% av de besøkende, men er i gjennomsnitt lengre ved modellen (185 sek.) enn voksne (153 sek.). Barn utgjør ca. 23% og er kortest tid ved modellen (104 sek.) selv om jentene er mye lengre (131 sek.) enn guttene (72 sek.). Gjennomsnittlig besøkstid for alle grupper er: 150 sek. (102).

***Ut fra disse tallene må vi kunne slutte at utstillingen treffer voksne, men de ungdommene som først blir fascinert av modellen, blir der lenge. Vi må svare bekreftende på dette forskningsspørsmålet.***

Det er også observert at barn bruker modellen på en helt annen måte enn voksne. De legger brikkene som et puslespill eller "putteboks" og er fornøyd når alle de 11 brikkene er på plass på brettet i riktig posisjon.

Det er noe uenighet blant de innleide informantene om modellens autentisitet gjør at den blir mer attraktiv. Det kan imidlertid se ut til at modellens hentydning til at man skal ut og fly kan virke positivt på førsteinntrykket og dermed øker modellens tiltrekningskraft, "attracting power".

Brikkenes utforming synes å fungere godt. Det antydes imidlertid at modellene ville blitt mer attraktiv blant barn dersom brikkene hadde vist autentiske gjenstander som mobiltelefon, kamera, smykker o.a. som man normalt tar med seg når man skal ut å reise. Det ser imidlertid ut til at barn også liker de geometriske formene godt siden de bruker den som "putteboks".

#### *Tankeprosesser*

- *I hvilken grad klarer utstillings-modellen å skape tankeprosesser hos de som arbeider med den? Vi er spesielt interessert i å studere prosesser som gir innsikt i publikums matematiske forståelse.*

Vi mener å ha påvise at *tidspresset* og modellens egen fastlåste *"regi"* er de to faktorene som i størst grad gjør at publikum ikke får tilstrekkelig ro til å etablere konstruktive tankeprosesser. Det går derfor noe tid før de skjønner hva oppdraget går ut på.

Modellen tiltaler publikum fordi de ved hjelp av en sammenhengende strategi kan nå fram til den beste løsningen, det vi har kalt *én suksessiv strategi*. Vi har sett at publikum "observerer nøye og beskriver det de ser" når de skal finne ut hva oppdraget går ut på. De "bygger forklaringer og tolkninger" når de skjønner at det er egenverdien til gjenstandene (kr./kg) som er nøkkelen til løsningen av oppdraget. De "resonnerer basert på evidens" når de erfarer sammenhengen mellom akkumulert verdi og vekt på displayet etter som gjenstandene legges i kofferten, og de "gjør forbindelser/koblinger" når de knytter problemstillingen til situasjoner i hverdagen.

***Vi må derfor svare bekreftende også på dette selv om ikke alle de åtte tankeprosessene er representert, så mener vi at vi ser tydelige tegn på læring.***

#### *Endringer*

- *Hvilke endringer bør gjøres med prototyp-utstillingen for at de endelige utstillingene skal kommunisere best mulig med publikum?*

Publikums evne til å kunne konsentrere oppmerksomheten om å løse oppdraget synes å ha bedret seg betraktelig etter at vi tok bort tidspresset og overlot "regien" av modellen til publikum. Dette gir langt mer ro og publikum synes å få tid til å konsentrere seg om oppdraget slik at det skapes konstruktive matematiske tankeprosesser. På den annen side blir oppdraget noe enklere å løse i tillegg til at litt av konkurransemomentet forsvinner. ***Likevel uttrykker flere at fraværet av tidspress er positivt.***

Merkingen av brikkene med vekt og verdi gjør dessuten at det er langt enklere å få oversikt over situasjonen. Vi har imidlertid valgt å beholde den geometriske formen på brikkene framfor å bruke avbildninger av kjente gjenstander, da dette synes å fungere godt, ikke minst overfor barn som bruker modellen som "putteboks".

***Ved å fjerne tidspresset og gi de besøkende "regien" tilbake har vi lagt grunnlaget for økt refleksjon og ettertanke. I tillegg er det gjort noen enkle grep for å gi publikum bedre oversikt over brikkene. Ytterligere tilrettelegging vil bli gjort i de endelige versjonene.***

### 5.3.2 "Nærmest null"

***Målgruppen***

- *Hvilke målgrupper appellerer utstillingen til og i hvilken grad når vi ungdomsgruppen med denne type modeller?*

Observasjoner viser at modellen er mest populær blant voksne menn og kvinner og minst besøkt av ungdom (se avsnitt 4.1.1). Ut fra gjennomsnittlig besøkstid, så ser vi at dette er en typisk voksenmodell (gjennomsnittlig besøkstid for kvinner og menn er omtrent helt lik, ca. 3 min 20 sek., mens ungdommene besøker modellen i gjennomsnitt i underkant av 2 min. Selv om barna besøker modellen relativt hyppig så er det de som er der kortest tid, ca. 1 min 31 sek. Det viser seg dessuten at de færreste under 12 år forstår oppdraget.

Ut fra dette må vi slutte at modellen er en typisk voksenmodell. Siden antallet ungdommer som besøker modellen er lite, så er det vanskelig si at den ikke er populær blant ungdom, ikke minst på bakgrunn av dybdeintervjuer av ungdom som både var svært positive og gir modellen en 6'er (side 65), og andre som var mer avmålte og gir den en 4'er (side 92). Det er imidlertid verdt å merke seg B's uttalelse om at modellen ikke blir så engasjerende siden den *bare* handler om tall og ikke er hentet fra en situasjon en kjenner fra hverdagen (side 86).

***Tankeprosesser***

- *I hvilken grad klarer utstillings-modellen å skape tankeprosesser hos de som arbeider med den? Vi er spesielt interessert i å studere prosesser som gir innsikt i publikums matematiske forståelse.*

Vi registrerer at modellen er populær fordi den inneholder et element av konkurranse, liksåg gir den umiddelbar respons på interaksjon. Dette siste synes å stimulere til å prøve seg fram istedet for å tenke logisk matematisk. De som tenker systematisk og strengt matematisk kan lett havne i et lokalt minimum.

En matematisk analyse av problemstillingen (avsnitt 2.9.1) viser at mest sannsynlig må de fleste bryte opp og begynne på nytt, gjerne flere ganger, før man kommer helt i mål. Modellen løses ikke ved hjelp av en ren suksessiv strategi fra et hvilket som helst utgangspunkt, hvilket synes å være en hindring for publikum.

Det viser seg imidlertid at mange har svært vanskelig for å bryte opp og begynne på nytt, spesielt dersom de har en oppstilling som gir en rimelig lav verdi.

De fleste oppfatter oppdraget omtrent umiddelbart, det er derfor ikke nødvendig å "observere nøye og beskriv hva som er der". Modellen legger imidlertid opp til å "resonnere basert på evidens" siden de får så rask tilbakemelding på endringer. Enkelte synes å benytte *nabotallstrategien (*side 40), ved å ta utgangspunkt i to nabotall til høyre i produktene og to nabosiffer i begynnelsen av tallene til venstre. En slik framgangsmåte, som vi har observert flere benytter, medføre at publikum "bygger forklaringer og tolkninger". Den som arbeider etter denne strategien vil også "avdekke kompleksitet og gå i dybden", dog har vi ikke observert at noen har skjønt at de må begynne på nytt ved jevne mellomrom, de har derfor en tendens til å kjører seg fast.

***Endringer***

- *Hvilke endringer bør gjøres med prototyp-utstillingene for at de endelige utstillingene skal kommunisere best mulig med publikum?*

For at modellen i større grad skal stimulere til konstruktive tankeprosesser, har vi valgt å legge ved en bunke med lapper sammen med en blyant for at publikum skal kunne skrive opp sine bestenoteringer slik at de alltid kan komme tilbake til sitt beste resultat om de skulle "rote seg bort". I tillegg har vi satt opp en *tipsplakat* hvor vi anbefaler publikum å bryte opp en god løsning for å begynne på nytt, dersom de ikke kommer videre ned mot null. Det er imidlertid for tidlig å si om denne endringen gir resultater. Det vi har observert er at det kan gå lang tid før publikum oppdager tipsplakaten og papirlappene.

# 6 Konklusjon

Denne studien har undersøkt to interaktive utstillingsmodeller ved Vitensenteret i Trondheim (ViT) som omhandler matematiske problemstillinger. Begge modellene er utviklet ved ViT i forbindelse med et samarbeidsprosjekt mellom 8 regionale vitensentre finansiert av Niels Henrik Abels minnefond.

Problemstillinger har vært å finne ut:

*I hvilken grad klarer modellene å skape engasjement og læring hos publikum?*

På bakgrunn av denne problemstillingen formulerte vi følgende forskningsspørsmål:

***Målgruppen***

- *Hvilke målgrupper appellerer utstillingen til og i hvilken grad når vi ungdomsgruppen med denne type modeller?*

***Tankeprosesser***

- *I hvilken grad klarer utstillings-modellen å skape tankeprosesser hos de som arbeider med den? Vi er spesielt interessert i å studere prosesser som gir innsikt i publikums matematiske forståelse.*

***Endringer***

- *Hvilke endringer bør gjøres med prototyp-utstillingene for at de endelige utstillingene skal kommunisere best mulig med publikum?*

## 6.1 "Ut og fly – størst verdi"

Oppdraget publikum blir presentert for forsøker å gjenskape en autentisk situasjon hvor de skal pakke kofferten for å skulle reise med fly. Oppdraget går ut på å gjøre verdien av innholdet så verdifullt som mulig ved å velge et utvalg av gjenstander som har forskjellig vekt og verdi. Dessuten skal oppdraget løses i løpet av 1 min. Dette er et klassisk optimaliseringsproblem som finnes i mange ulike varianter.

Modellen er hovedsakelig myntet på ungdom og voksne. **Studien bekrefter vår antagelse om at utstillingen appellerer mest til voksne og ungdom** (ca. 78% tilhører disse gruppene). Det er interessant å legge merke til at selv om antallet voksne (ca. 50%) er større enn antall ungdom (ca. 28%) så er ungdom (185 sek.) lengre ved modellen enn voksne (153 sek.). Barn blir også fascinert av utstillingsmodellen, men bruker den som oftest på en helt annen måte, nemlig som "putteboks" ved at de legger de geometriske formene på rett plass uten å tenke på verdi.

Betydningen av utstillingens autentisiteten synes nokså delt blant publikum. Noen synes ikke det betyr så mye, mens andre synes at utstillingen blir mer attraktiv ved at den henspiller på en flyreise. En situasjon de fleste oppfatter som spennende. På spørsmål om hva det betyr at gjenstandene er formet som geometriske figurer (sirkler, trekanter, firkanter o.l.) og ikke som autentiske gjenstander (mobiltelefon, smykker, fotoapparat o.l.), så svarer de fleste, at de ikke synes det ikke betyr så mye, men at de tror at det kan ha betydning for de som er yngre.

Observasjoner **har vist at modellen skaper konstruktive tankeprosesser som kan legge grunnlag for læring**, spesielt etter at tidspresset ble fjernet. Vi har funnet modellen inviterer til å starte utprøvingen før de har *observert nøye og beskrevet det de ser*. Hos flere kommer denne erkjennelsen etter en stund, og de skjønner at gjenstandenes *verdi* spiller en viktig rolle. Når dette blir klart er veien til å vurdere gjenstandenes "egenverdi" kort, og vi kan si at *de har etablert en forklaring eller fortolkning av problemstillingen* samtidig som de foretar *en kobling mellom de to parametrene vekt og verdi*. Når dette er klart handler det om overslagsregning og *å resonnere*

*basert på evidens* ved at de tester ut de gjenstandene som synes å være gode kandidater. Når de har skjønt dette har de *fanget essensen og formulert en konklusjon*. Enkelte utsagn tyder også på en viss undring over å *oppdage kompleksiteten* i en så dagligdags situasjon som å pakke koffert for en flytur.

Den største hindringen for konstruktive tankeprosesser er det tidspresset publikum blir utsatt for siden oppdraget skulle løses i løpet av 1 min. Dette forutsatte at en måtte starte klokka før man begynte, deretter ble forløpet styrt av modellen. Dette medførte for det første at publikum hadde problemer med å forstå utstillingens "regi", dvs. hvordan den oppførte seg, dernest ble publikum stresset av tidsbegrensningen hvilket hindret konstruktive tankeprosesser og oppmuntret til kjappe ureflekterte løsninger.

Ved å fjerne START-knappen og dermed også fjerne tidspresset, ville vi fjerne stresset og usikkerheten knyttet til utstillingen, slik at publikum fikk tid til å tenke seg om, og dermed legge et bedre grunnlag for at tankeprosesser knyttet til matematisk/logisk resonnement lettere skulle få slippe til. Dette er foreløpig testet på en jente (15), en gutt (17) og en jente (18). **Alle disse tre var ikke i tvil om at tidspress ville ha virket stressende og ført til at de i mindre grad ville ha resonnert konstruktivt og i større grad ville ha prøvd seg fram**.

Modellen har også det fortrinnet at det er mulig å resonnere seg suksessivt mot målet og på den måten oppnå høyeste score, noe publikum setter pris på.

## 6.2 "Nærmest null"

I denne utstillingsmodellen presenteres publikum for en kunstig problemstilling knyttet til lek med tall. Det er delte meninger blant informantene hva dette betyr for modellens attraktivitet. Noen synes det gjør den mindre interessant, mens andre synes ikke det gjør noen ting bare oppdraget er artig. Utstillingens konkurranseelement synes også å appellere til noen.

Utstillingen ønsker primært å stimulere publikum til å gjøre raske overslagsberegninger og å vurdere konsekvensene av å flytte rundt på siffer i et regnestykke og på den måten trenes i å bli kjent med betydningen av posisjonssystemet. Dernest for de avanserte, å finne effektive strategier for å gjøre differansen så liten som mulig. Undersøkelsen viser at flere, ganske raskt, finner fram til en logisk matematisk strategi for å løse problemstillingen, dvs. at *de etablerer en forklaring eller fortolkning av problemstillingen* og bruker denne kunnskapen, samtidig som forsøker *å resonnere basert på evidens*. Denne strategien følges til de stopper opp på en mer eller mindre lav verdi for differansen. Etter hvert går de så over til å prøve og feile, hvor tankeprosessene er mer eller mindre fraværende. Det er i denne situasjonen at tipsplakaten kommer til sin rett.

Utprøvingen har vist at modellen appellerer til voksne og til dels ungdom. Selv om det er færre kvinner som bruker modellen, så bruker både kvinner og menn i gjennomsnitt like mye tid ved modellen. Barn under 12 år synes ikke å ha særlig utbytte av modellen.

Den største hindringen for konstruktive tankeprosesser synes å være ideen om at *det beste resultatet (null) ligger like i nærheten av et godt resultatet*. Dette medfører en redsel for å bryte opp et godt resultat og begynne på nytt, og ev. "rote bort" det gode resultat. Dette hindrer mange fra å komme videre. Årsaken til dette dilemmaet ligger i at en lett kan havne i et lokalt minimum og ikke komme videre på noen enkel måte. Det er stor sannsynlighet for at man ikke kan følge en og samme strategi fra start til mål, men må bryte opp å begynne på nytt under veis.

For å frigjøre publikum fra dette problemet har vi lagt fram papir og blyant slik at de ev. kan notere sine bestenoteringer, og på den måten kan tillate seg selve å bryte opp den gode verdien de alt har oppnådd for å begynne å nytt. Dette blir de tipset om av en tipsplakat som henger ved utstillingen.

Erfaringer etter at disse endringene ble gjort er at de færreste leser tipsplakaten før de har plundret en del med oppgaven, hvilket er greit nok. Årsaken er at modellen har så lav terskel at det er lett å komme i gang uten mye lesning. Tipsplakaten må også konkurrere med to andre plakater som gir faglig bakgrunnsstoff for tall og talloppgaver generelt.

Begge utstillingsmodellene appellerer til både voksne og ungdom, og at de stimulerer til konstruktive tankeprosesser relatert til matematikk. "Ut og fly – størst verdi" i noe større grad enn "Nærmest null". "Ut og fly –..." kan være noe mer attraktiv siden den knyttes til en virkelig problemstilling. Det viktigste er imidlertid å være at en utstilling er artig og skaper engasjement. Å gi publikum mest mulig frihet og ro i prosessen er viktig for å legge grunnlaget for konstruktive tankeprosesser. Det virket derfor positivt å fjerne tidspresset på "Ut og fly –...". Modellen kan forbedres ytterligere ved at den gis en utforming som gir publikum bedre oversikt over gjenværende brikker.

Den største ulempen ved "Nærmest null" er at publikum lett kan stoppe opp uten å være villig til å bryte opp et "godt" resultatet for å oppnå ett enda bedre. Vi har foreløpig for lite holdepunkter for å si at blyant og papir sammen med tipsplakaten, løser denne utfordringen. Vi foreslår også å legge inn en resettbar "Min beste" i tillegg til "Dagens beste" for å stimulere til å konkurrere med seg selv.

# 7 Referanser

**(Achiam 2012)** Marianne Foss Achiam, *A content-oriented Model for Science Exhibit Engineering, International Journal of Science Education*, Part B 2012, 1 - 19, First Article

**(Allan, Gutwill 2004)** Sue Allen, Joshua Gutwill, *Designing science museum exhibits with multiple interactive features: Five common pitfalls*, Curator 47 (2): 199 – 212. http://www.exploratorium.edu/vre/pdf/Interacty_article3_finweb.pdf

**(Ansbacher1998)** T. Ansbacher, *John Dewey's Experience and Education: Lessons for Museums*, Curator 41/1 - Mars 1998

**(Falk 2013)** J.H. Falk, L.D. Dierking, *The Museum Experience Revisited*, Left Coast Press Inc. Walnut Creek, California 2013.

**(Gutwill 2008)** J.P. Gutwill, *Challenging a Common Assumption of Hands-on Exhibits - How Counter-intuitive Phenomena Can Undermine Inquiry,* Journal of Museum Education, Volume 33, number 2, Summer 2008, pp. 187–198

**(Humprey 2005)**. T. Humphrey & J. Gutwill, *Fostering Active Prolonged Engagement: The Art of Creating APE Exhibits*, San Francisco: Left Coast Press 2005

**(McLean 1993)** McLean, K. 1993. Planning for People in Museum Exhibitions. Washington, DC: Association of Science-Technology Centres.

**(Kahneman 2012)** D. Kahneman, *Tenke, fort og langsomt*, PAX 2012

**(Kaufmann 2006)** G. Kaufmann, *Hva er kreativitet*, Hva er-serien, Universitetsforlaget 2006

**(Postholm 2010)** May Britt Postholm, *Kvalitativ metode - En innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier*, 2. utg. Universitetsforlaget 2010

**(Richhart 2011)** R. Ritchhart, M. Church, K. Morrison, *Making thinking visible* - How to promote Engagement, Understanding, and Independence for All Learners, Jossey-Bass, Wiley Imprint, San Francisco 2011

**(Star, Griesemer 1989)** Susan Leigh Star, James R. Griesemer, *Institutional Ecology, 'Translation' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology,* Social Studies of Science, Volume 19, Issue 3 (Aug., 1989), 387-420

# Vedlegg A Forslag til endringer av programvaren

## A.1 Ut og fly – størst verdi

Følgende deler av programmet foreslås endret:

1. Fjern tidtakingsdelen
2. Fjern tenning av lysdioder som holder rede på tiden
3. Fjern Start-knappen
4. Registrer at det skjer endringer
5. Ta tida fra siste registrerte endring
6. Tøm bordet når bordet ikke er benyttet på ca. 60 sek.
7. Gi trudelutt når alle brikkene er på plass og tøm bordet

***Forslag til nytt display***

# Vedlegg B Underlag for utvikling av modellene

## B.1 "Ut og fly – størst verdi"

Denne utstillingsmodellen bygger på et klassisk optimaliseringsproblem som det finne mange av. Man skal gjøre det beste utvalget under visse betingelser. Dette er en type problemer som vi møter i ulike sammenhenger.

En typisk problemstilling i forbindelse med et større arrangement ved Skolelaboratoriet ved NTNU er f.eks. knyttet til Fysikkløypa som går over 16 dager og som tilbys elever på 6. trinn. Skolene leverer en søknad hvor de forteller oss hvilke dager de ikke kan komme og hvor mange elever de er. Løypa har kun plass til ca. 72 elever pr. dag og vi ønsker å gjøre plass til flest mulig elever. Dessuten ønsker vi å unngå å dele skole på flere dager. Med mellom 30 og 40 skoler med elevantall fra 10 til 70 er det krevende å finne den optimale løsningen. Et dataprogram kan bruke fra 30 - 60 minutter å finne den beste løsningen.

Når vi konstruerte modellen måtte vi bestemme følgende:

- *Hvor mange gjenstander skulle publikum velge blant?*
- *Hvilken vekt og verdi skulle hver gjenstand få*

Vi ønsket dessuten at det skulle være lett å komme i gang med modellen, vanskelig å oppnå beste resultat. Tabellen under viser vårt valg:

| Gjenstander | Vekt [kg] | Verdi [Kr.] | Verdi/vekt | Valg | Total vekt [kg] | Total verdi [Kr.] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **A** | 4 | 250 | 62,50 | | 0 | 0 |
| **B** | 6 | 500 | 83,33 | 1 | 6 | 500 |
| **C** | 2 | 175 | 87,50 | 1 | 2 | 175 |
| **D** | 5,5 | 500 | 90,91 | 1 | 5,5 | 500 |
| **E** | 5 | 400 | 80,00 | 1 | 5 | 400 |
| **F** | 1 | 100 | 100,00 | | 0 | 0 |
| **G** | 3 | 200 | 66,67 | | 0 | 0 |
| **H** | 2,5 | 175 | 70,00 | | 0 | 0 |
| **I** | 1,5 | 125 | 83,33 | 1 | 1,5 | 125 |
| **J** | 4,5 | 250 | 55,56 | | 0 | 0 |
| **K** | 3,5 | 250 | 71,43 | | 0 | 0 |
| | | | | 5 | 20 | 1700 |

Antall gjenstander ble valgt litt tilfeldig, det måtte ikke være for lite og heller ikke for mange, så vi valgte 11 gjenstander. Dessuten valgte vi å la gjenstandene har vekter fra 1 kg til 6 kg, med en gjenstand for hver halve kg. Siden en viktig parameter er verdi pr. vektenhet så valgte vi å la flere gjenstander å ha omtrent samme forholdtall, men med små avvik. Seks av gjenstandene har f.eks. forholdtall større enn 80. Dette er gjenstander det er lurt å velge dersom man ønsker å oppnå høyest verdi, men holde seg under 20 kg. De fem resterende gjenstandene hadde forholdstall mellom 50 og 80. Alt her kan en ane om de besøkende har oppdaget dette viktig prinsippet.

Det er mulig å oppnå 20 kg ved bruk av mange gjenstander (maksimalt 7). Dette handler om at en kan velge mange gjenstander med lav vekt. En slik løsning er imidlertid ikke optimal mht til verdi. Det optimale er så lavt som 5 gjenstander som gir en verdi på 1700 kr. Dette er med på å gjøre modellen rik. Det er lett å få et rimelig godt resultat, men det er krevende å oppnå maksimal verdi.

## B.2 "Nærmest null"

Dette er også en oppgave som føyer seg inn i en rekke av lignende oppgaver hvor man skal utføre grunnleggende regneoperasjoner med bruk av sifrene fra 0 - 9 (eller et utvalg av disse) for så å oppnå høyest verdi, lavest verdi eller nærmest en oppgitt verdi.

I gjen ønsket vi å lage en utstillingsmodell med meget lav terskel, men hvor det var svært krevende å oppnå toppresultatet. Det var viktig for oss at arbeidet med å løse oppgaven hadde nytte av å erverve seg matematisk kompetanse. Utstillingsmodellen gir 10! (3 628 800) mulige løsninger. Av disse har vi funnet ca. 60 løsninger hvorav drøy 50 av dem er vist i tabellen under.

Vi oppgir heller ikke om det er mulig å oppnå null, vi utfordrer dem kun til å forsøke å komme så nær som mulig.

### *Løsninger som gir null*

Tabellen under viser mulige løsninger på minste differanse. Dette er heller ikke alle løsninger.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 897*04=3588 | 465*18=8370 | 370*46=17020 | 712*45=32040 |
| 156*23=3588 | 279*30=8370 | 185*92=17020 | 360*89=32040 |
| 158*23=3634 | 345*26=8970 | 760*23=17480 | 451*76=34276 |
| 046*79=3634 | 897*10=8970 | 184*95=17480 | 902*38=34276 |
| 136*27=3672 | 145*76=11020 | 307*58=17806 | 762*45=34290 |
| 459*08=3672 | 380*29=11020 | 614*29=17806 | 381*90=34290 |
| 269*14=3766 | 138*90=12420 | 259*86=22274 | 736*51=37536 |
| 538*07=3766 | 276*45=12420 | 301*74=22274 | 408*92=37536 |
| 174*23=4002 | 130*97=12610 | 754*31=23374 | 901*46=41446 |
| 069*58=4002 | 485*26=12610 | 806*29=23374 | 782*53=41446 |
| 293*14=4102 | 480*27=12960 | 248*95=23560 | 915*48=43920 |
| 586*07=4102 | 135*96=12960 | 760*31=23560 | 732*60=43920 |
| 146*29=4234 | 195*72=14040 | 476*53=25228 | 712*63=44856 |
| 058*73=4234 | 468*30=14040 | 901*28=25228 | 504*89=44856 |
| 658*07=4606 | 935*16=14960 | 927*30=27810 | 732*80=58560 |
| 329*14=4606 | 748*20=14960 | 618*45=27810 | 915*64=58560 |
| 093*54=5022 | 485*32=15520 | 895*32=28640 | |
| 186*27=5022 | 160*97=15520 | 716*40=28640 | |
| 158*32=5056 | 940*17=15980 | 485*62=30070 | |
| 064*79=5056 | 235*68=15980 | 310*97=30070 | |
| 058*96=5568 | 273*60=16380 | 328*95=31160 | |
| 174*32=5568 | 195*84=16380 | 760*41=31160 | |
| 584*12=7008 | 309*54=16686 | 408*79=32232 | |
| 096*73=7008 | 618*27=16686 | 632*51=32232 | |
| 306*27=8262 | 270*63=17010 | 481*70=33670 | |
| 459*18=8262 | 945*18=17010 | 962*35=33670 | |

En oppsummering gir at av de 47 løsningene så ender 24 på 0, 0 på 1, 6 på 2, 0 på 3, 4 på 4, 0 på 5, 7 på 6, 0 på 7, 3 på 8 og 0 på 9. Med andre ord alle ender på et par tall og innen på et oddetall

***Mulige kombinasjoner av tall som gjør at begge produktene ender på samme siffer***

Produkter som ender på 0

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 3 | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 4 | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
| 5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| 6 | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 |
| 7 | 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 |
| 8 | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 |
| 9 | 0 | 9 | 18 | 27 | 26 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 |

Produkter som ender på 1

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 3 | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 4 | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
| 5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| 6 | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 |
| 7 | 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 |
| 8 | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 |
| 9 | 0 | 9 | 18 | 27 | 26 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 |

Produkter som ender på 2

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 3 | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 4 | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
| 5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| 6 | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 |
| 7 | 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 |
| 8 | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 |
| 9 | 0 | 9 | 18 | 27 | 26 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 |

Produkter som ender på 3

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 3 | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 4 | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
| 5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| 6 | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 |
| 7 | 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 |
| 8 | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 |
| 9 | 0 | 9 | 18 | 27 | 26 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 |

***Ender på 0***: | 1·0 | 2·0 | 3·0 | 4·0 | 5·0 | 6·0 | 7·0 | 8·0 | 9·0 | 5·2 | 5·4 | 6·5 | 8·5 |

***Ender på 1:*** | 7·3 | (i praksis ingen)

***Ender på 2:*** | 2·1 | 4·3 | 6·2 | 8·4 | 6·7 | 9·8 |

***Ender på 3:*** | 3·1 | 9·7 |

***Ender på 4:*** **|** 4·1 | 6·4 | 7·2 | 8·3 | 9·6 |

***Ender på 5:*** **|** 5·1 | 5·3 | 7·5 | 9·5 |

***Ender på 6:*** **|** 6·1 | 3·2 | 8·2 | 9·4 |

***Ender på 7:*** **|** 7·1 | 9·3 |

***Ender på 8:*** **|** 8·1 | 4·2 | 6·3 | 7·4 | 8·6 | 9·2 |

***Ender på 9:*** **|** 9·1 | (i praksis ingen)

# Vedlegg C Intervjuguider

## C.1 Guide for intervju etter observasjon

Dato:_____

Modell:_____

| | |
|---|---|
| Beskriv modellen og hva den handler om | |
| Hvordan tenkte dere mens dere løste oppgaven eller brukte modellen? | |
| Hva synes dere om installasjonen? | |
| Hvilke terning kast vil dere gi den? | |
| Forbinder dere modellen med noe dere har sett utenfor Vitensenteret? | |
| Eventuelt andre kommentarer! | |

# Vedlegg D Søknader

## D.1 Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt - Til foresatte

**Til foresatte**

Universitetet for miljø- og biovitenskap
Institutt for Matematiske Realfag og Teknologi – Seksjon for Læring og Lærerutdanning

Saksbehandler
Direkte Tlf
E-post
Besøksadresse TF-kvartalet, Fløy III
Vår Ref
Deres Ref
Dato

### Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt

I forbindelse med et forskningsprosjekt vil formidlere ved Vitensenteret i Trondheim observere og dokumentere besøkende. For å kunne oppbevare data til forskningsøyemed trenger vi samtykke-erklæring fra foreldre.

Forskningsprogrammet UtVite – Utforsk Vitensentre ble initiert i samarbeid mellom Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB), seksjon for læring og lærerutdanning (SLL), Naturfagsenteret ved Universitetet i Oslo (UiO) og vitensentre. Prosjektet er støttet økonomisk av STATOIL og Norges Forskningsråd er tilknyttet som observatør. Bakgrunnen for programmet er at det er stort behov for dypere kvantitativ og kvalitativ kunnskap om vitensentrenes betydning for læring av realfag og rekruttering til realfaglige yrker.

UtVite-programmet har tre fokusområder som bygger på disse behovene; 1) utvikling av vitensentre som læringsarena, 2) kartlegging av vitensentrenes betydning for realfagssatsningen, 3) tiltak for kompetanseutvikling på vitensentre. Disse tre fokusområdene danner grunnlaget for en rekke påfølgende prosjekter (se figuren under).

UtVite baseres på brukerinvolverende forskningsmetoder som i økende grad benyttes som forskningsdesign innen utdanningsforskning. Med metoder kjent fra aksjonsforskning er formidlere ved vitensentre involvert som medforskere i forskningsprosessen. Som del av forskingsprosjektet observerer derfor formidlere læring som foregår i eget vitensenter. Ved bruk av video- og lyd-opptak, observasjoner og intervjuer, vil vi samle informasjon om de besøkendes aktiviteter i utstillingen.

Det innsamlede materialet vil være grunnlag for forskningen vi gjør i UtVite.

Det er frivillig å delta som del av forskningsmaterialet, og den besøkende kan når som helst trekke seg fra deltakelsen uten å begrunne dette nærmere. Vår rolle som forskere innebærer at vi er underlagt strenge etiske regler for hvordan lyd, foto og videomaterialet kan brukes. Materialet er meldt inn for Norsk Samfunnsvitenskapelig Datainnsamling og vil bli oppbevart i kryptert form på Universitetet for miljø og biovitenskap.

Den nødvendige tillatelse gis ved å undertegne og returnere svararket (side 2).

For nærmere spørsmål om UtVite prosjektet ta kontakt med Dagny Stuedahl tlf: 99728156 eller dagny.stuedahl@umb.no

Med hilsen

_____

***Samtykkeerklæring***

Jeg har lest informasjonen om UtVite-prosjektet ved Vitensenteret i Trondheim, som gjennomføres i samarbeid med Universitetet for miljø- og biovitenskap. Jeg er kjent med at den frivillige deltakelsen i forskningsprosjektet innebærer dokumentasjon ved hjelp av videoopptak, lydopptak, stillbilder og innsamling av ungdommens arbeidsprodukter.

Vennligst kryss av:

Materialet jeg/mitt barn produserer kan brukes til forskningsformål som beskrevet i informasjonsbrevet:

☐ Ja, jeg/vi samtykker

Materialet jeg/ mitt barn produserer kan også brukes som illustrasjoner i fagartikler, foredrag og presentasjoner på web og via andre mediekanaler knyttet til formidling av forskningsprosjektet UtVite:

☐ Ja, jeg/vi samtykker

Navn skal ikke knyttes til illustrasjonene, men deltakernes ansikter vil kunne fremkomme:

☐ Ja, jeg/vi samtykker

Navn:_____

Sted: _____ Dato: _____

På forhånd takk!

NTNU
Det skapende universitet