Innlevering

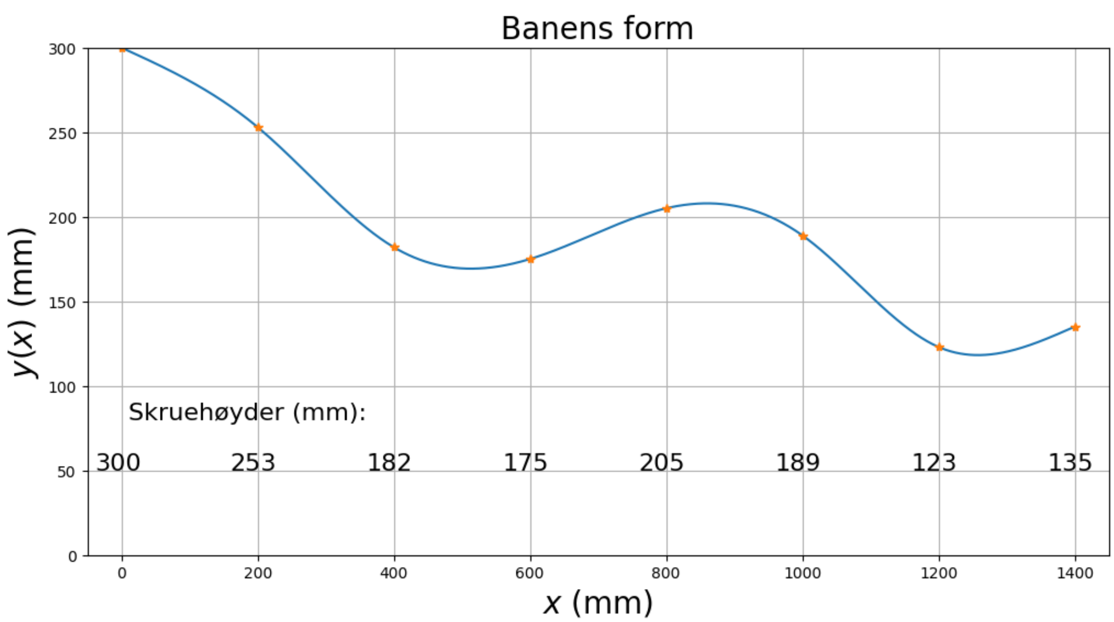
October 26, 2023

1 Fysikklabb

Olve G. Birkeland, Linn E. Kingenberg, Cornelius Levai, Eirik M. Silnes, Ketis Sivanesarajah

[ ]:
```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from scipy.interpolate import CubicSpline

xmin = 0
xmax = 1401
dx = 1
x = np.arange(xmin,xmax,dx)

#Skruehøyder:
#yfast = np.zeros(8)
#yfast[0] = 300
#yfast[1] = yfast[0] - np.random.randint(40,60)
#yfast[2] = yfast[1] - np.random.randint(70,90)
#yfast[3] = yfast[2] + np.random.randint(-30,10)
#yfast[4] = yfast[3] + np.random.randint(30,70)
#yfast[5] = yfast[4] + np.random.randint(-20,20)
#yfast[6] = yfast[5] - np.random.randint(40,80)
#yfast[7] = yfast[6] + np.random.randint(-40,40)
#
#print(yfast)
Data = [300, 253, 182, 175, 205, 189, 123, 135]
h = 200
xfast=np.asarray([0,1,2,3,4,5,6,7])*h
cs = CubicSpline(xfast,Data,bc_type='natural')
y = cs(x)
dy = cs(x,1)
d2y = cs(x,2)

yfast = Data.copy()
baneform = plt.figure('y(x)',figsize=(12,6))
plt.plot(x,y,xfast,yfast,'*')
plt.title('Banens form', fontsize=20)
plt.xlabel('$x$ (mm)',fontsize=20)
```

```
plt.ylabel('$y(x)$ (mm)',fontsize=20)
plt.text(10,80,'Skruehøyder (mm):', fontsize=16)
plt.text(-40, 50, int(yfast[0]), fontsize=16)
plt.text(160, 50, int(yfast[1]), fontsize=16)
plt.text(360, 50, int(yfast[2]), fontsize=16)
plt.text(560, 50, int(yfast[3]), fontsize=16)
plt.text(760, 50, int(yfast[4]), fontsize=16)
plt.text(960, 50, int(yfast[5]), fontsize=16)
plt.text(1160, 50, int(yfast[6]), fontsize=16)
plt.text(1360, 50, int(yfast[7]), fontsize=16)
plt.ylim(0,300)
plt.xlim(-50,1450)
plt.grid()
plt.show()
#plt.savefig("Baneform", dpi = 600)
#Ta bort # hvis du ønsker å lagre grafen som pdf og/eller png.
#baneform.savefig("baneform.pdf", bbox_inches='tight')
#baneform.savefig("baneform.png", bbox_inches='tight')
```

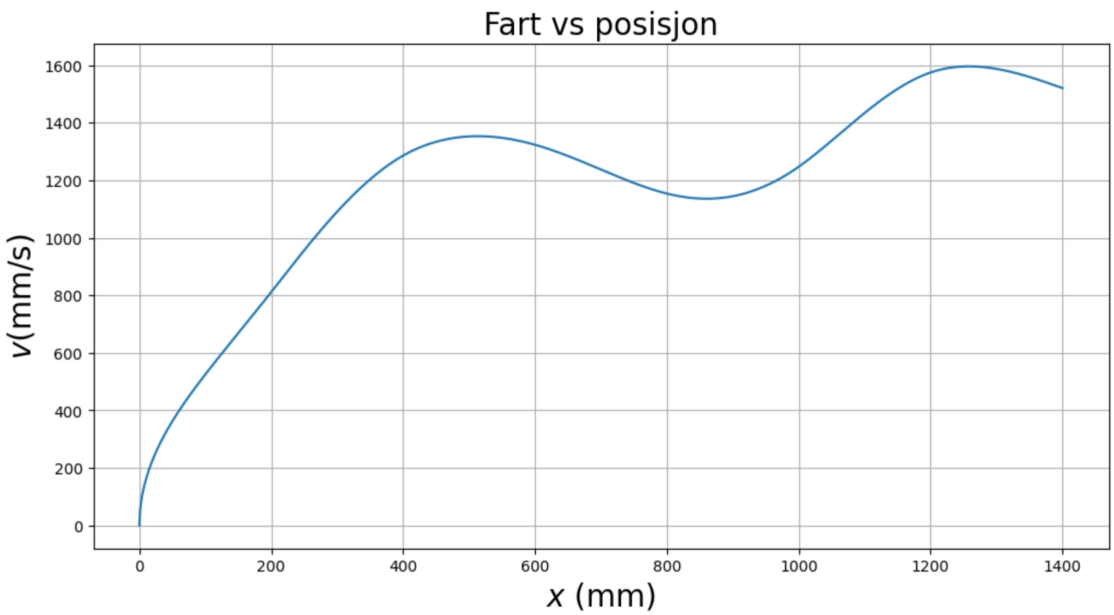


Figur 1 Plotting av 'Banens form'

[ ]:
```
y37 = y[400:1400]
y27 = y[200:1400]
y37min = np.min(y37)
y37max = np.max(y37)
y27min = np.min(y27)
y27max = np.max(y27)
```

```python
K = d2y/(1+dy**2)**(1.5)
R = 1/(np.abs(K)+1E-8)  #unngår R = uendelig
Rmin = np.min(R)
beta = np.arctan(dy)
betadeg = beta*180/np.pi
startvinkel = betadeg[0]
maksvinkel = np.max(np.abs(betadeg))

print('Høyeste punkt etter 3.skrue (mm): %4.0f' %y37max)
print('Laveste punkt etter 2.skrue (mm): %4.0f' %y27min)
print('Starthelningsvinkel (grader): %4.1f' %startvinkel)
print('Maksimal helningsvinkel (grader): %4.1f' %maksvinkel)
print('Minste krumningsradius (mm): %4.0f' %Rmin)
print('Festepunkthøyder (mm):', yfast)

def finn_farten(y):
    c = 2/5
    y0 = 300
    g = 9810
    v = np.sqrt(2*g*(y0-y)/(1+c))

    return v

def plot_fart(y):
    v = finn_farten(y)
    fart = plt.figure('y(x)',figsize=(12,6))
    plt.plot(x, v)
    plt.title('Fart vs posisjon', fontsize=20)
    plt.xlabel('$x$ (mm)',fontsize=20)
    plt.ylabel('$v$(mm/s)',fontsize=20)
    plt.grid()
    plt.savefig("fart.png", dpi = 600)

slutt_fart = finn_farten(cs(1401))/1000
print('Teoretisk sluttfart (m/s): %4.3f' %slutt_fart)
plot_fart(y)
```

```
Høyeste punkt etter 3.skrue (mm):  208
Laveste punkt etter 2.skrue (mm):  118
Starthelningsvinkel (grader): -10.4
Maksimal helningsvinkel (grader): 21.5
Minste krumningsradius (mm):  297
Festepunkthøyder (mm): [300, 253, 182, 175, 205, 189, 123, 135]
Teoretisk sluttfart (m/s): 1.520
```

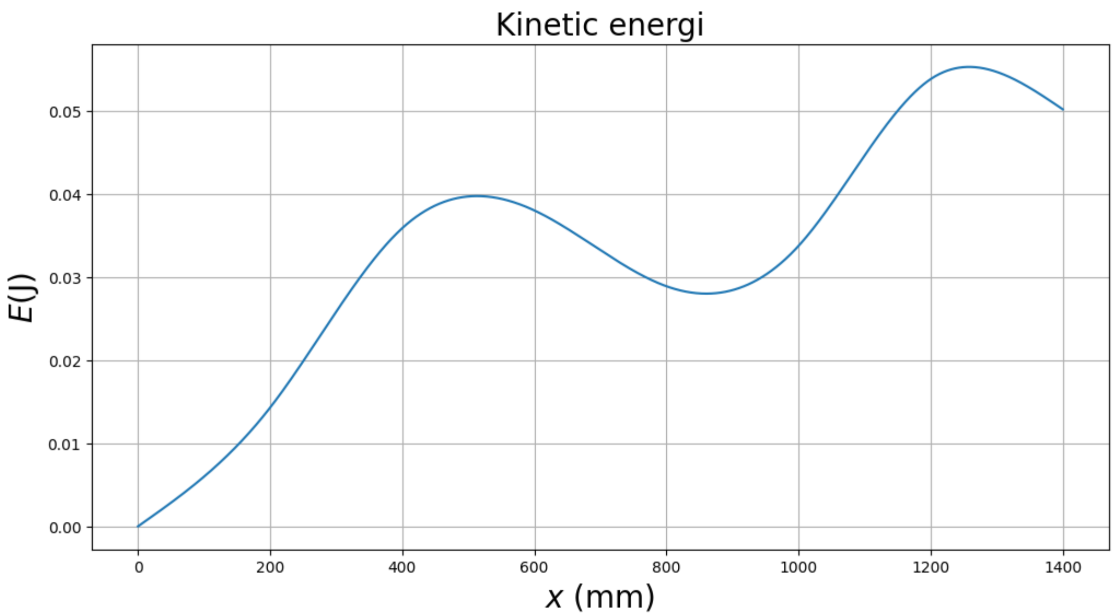


Figur 2 Plotting av 'Farten vs posisjon'

[ ]:
```
#kinetisk energi er gitt som 1/2*mv**2
def simulert_kinetic(y):
    #Total kinetisk energi K er summen av transelasjonsenergi mv**2/2 og␣
 ↪rotasjonsenergi c*m*v**2/2
    #E = U = m*g*y_0
    #Konstanter:
    m = 0.031 #kg
    r = 0.011 #m
    c = 2/5
    Kinetic = ((1+c)/2)*m*(finn_farten(y)/1000)**2

    return Kinetic

def plot_kinetic(y):

    Kinetic = simulert_kinetic(y)
    kin = plt.figure('y(x)',figsize=(12,6))
    plt.plot(x, Kinetic)
    plt.title('Kinetic energi', fontsize=20)
    plt.xlabel('$x$ (mm)',fontsize=20)
    plt.ylabel('$E$(J)',fontsize=20)
    plt.grid()
    plt.savefig("Kinetisk_energi", dpi =600)

teo_ken = simulert_kinetic(y)[-1]
```

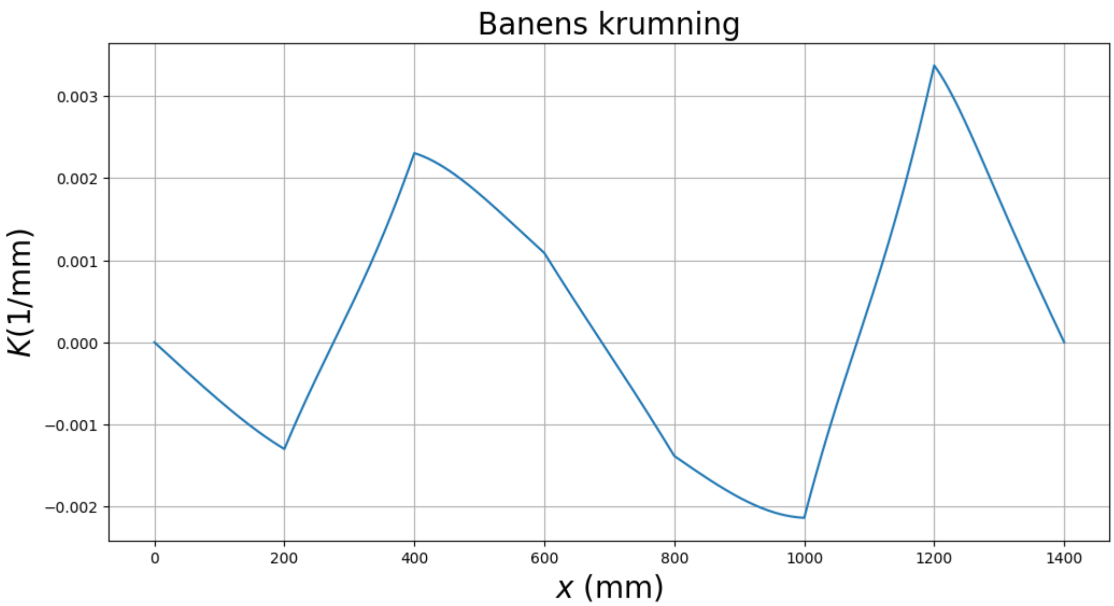
```
print('Teoretisk kinetisk energi ved 1,4 m (J): %4.3f' %teo_ken)
plot_kinetic(y)
```

```
Teoretisk kinetisk energi ved 1,4 m (J): 0.050
```



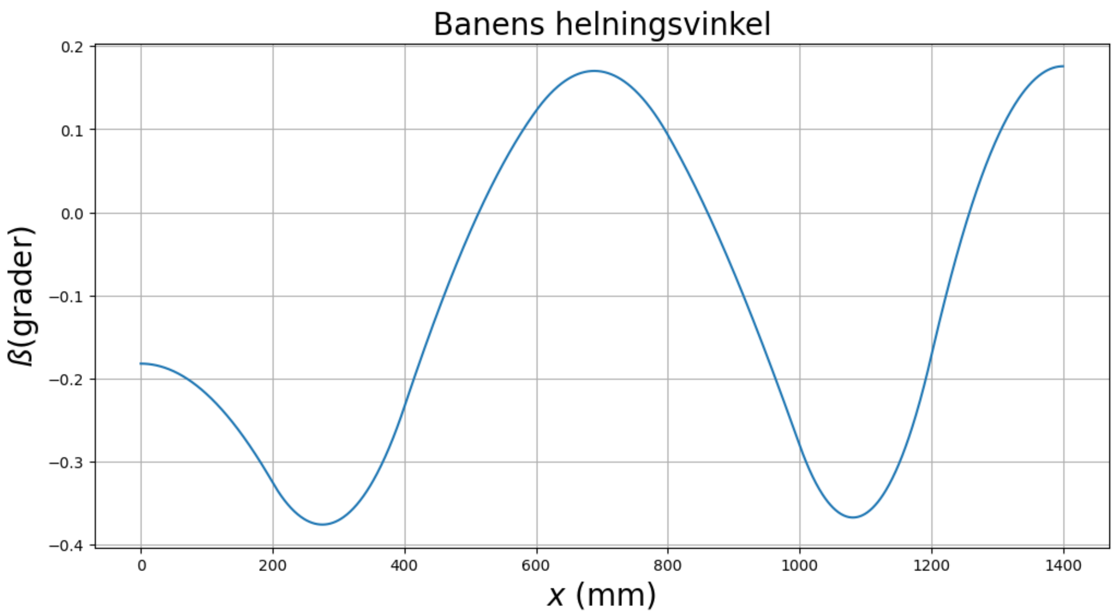
Figur 3 Plotting av 'Kinetic energi'

```
[ ]: kappa = d2y/((1+(dy)**2)**(3/2))

     Krumning = plt.figure('y(x)',figsize=(12,6))


     plt.plot(x,kappa)
     plt.title('Banens krumning', fontsize=20)
     plt.xlabel('$x$ (mm)',fontsize=20)
     plt.ylabel('$K$(1/mm)',fontsize=20)
     plt.grid()
     plt.show()
```



Figur 4 Plotting av 'Banens krumning'

[ ]:
```
beta = np.arctan(dy)

vinkel = plt.figure('y(x)',figsize=(12,6))
plt.plot(x,beta)
plt.title('Banens helningsvinkel', fontsize=20)
plt.xlabel('$x$ (mm)',fontsize=20)
plt.ylabel('$ß$(grader)',fontsize=20)
plt.grid()
plt.show()
```



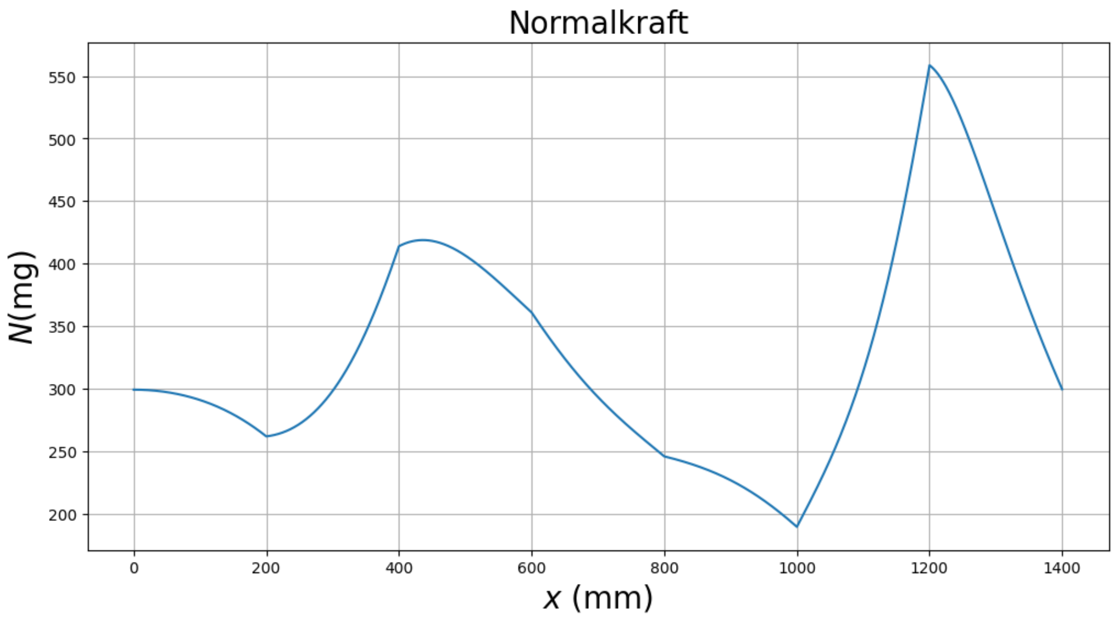
Figur 5 Plotting av 'Banens helningsvinkel'

[ ]:
```
def finn_tid():
    delta_v_x = np.zeros(len(y))
    delta_t = np.zeros(len(y))
    vx = np.zeros(len(y))
    V = finn_farten(y)
    t = np.zeros(len(y))
    for a in range(len(y)):
        vx[a] = V[a] * np.cos(beta[a])
    for i in range(1,1401):
        delta_v_x[i] = 1/2* (vx[i]+vx[i-1])
        delta_t[i] = 1/delta_v_x[i]
        t[i] = t[i-1]+delta_t[i]
    return t[i]

print('Total rulletid: %4.3f' %finn_tid())
```

```
Total rulletid: 1.521
```

[ ]:
```
def sentripetalakselerasjon():
    a_ = (finn_farten(y)**2)*kappa
    return a_


def normalKraft():
    g = 9810
    m = 0.031
```

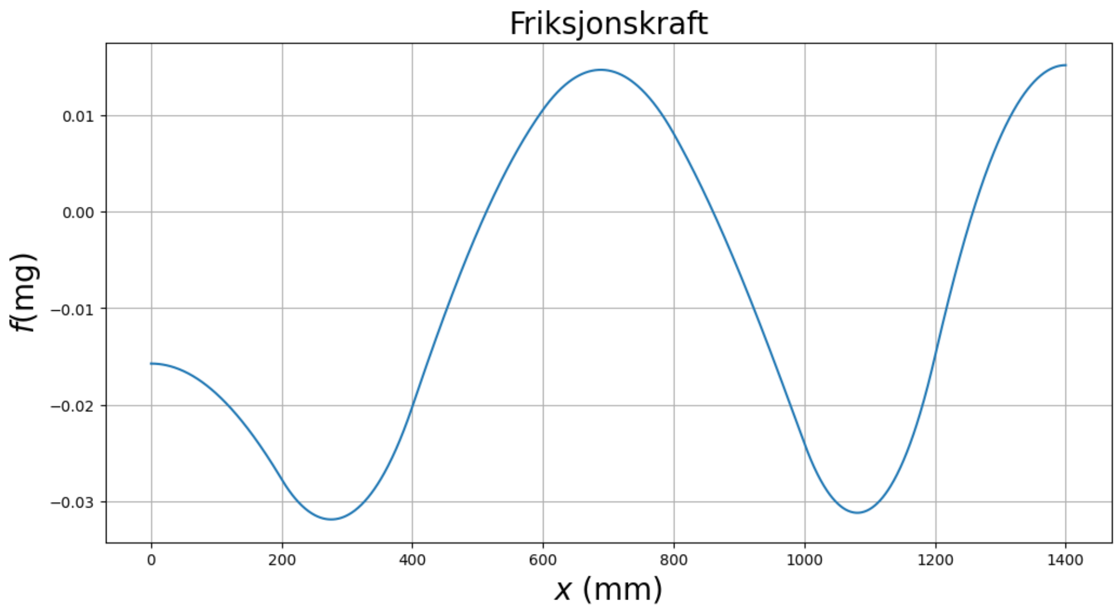
```
    N = m*(g*np.cos(beta)+sentripetalakselerasjon())
    return N


def plot_normalkraft():
    kraft = plt.figure('y(x)',figsize=(12,6))
    plt.plot(x,normalKraft())
    plt.title('Normalkraft', fontsize=20)
    plt.xlabel('$x$ (mm)',fontsize=20)
    plt.ylabel('$N$(mg)',fontsize=20)
    plt.grid()
    plt.show()

plot_normalkraft()
```



Figur 6 Plotting av 'Normalkraft'

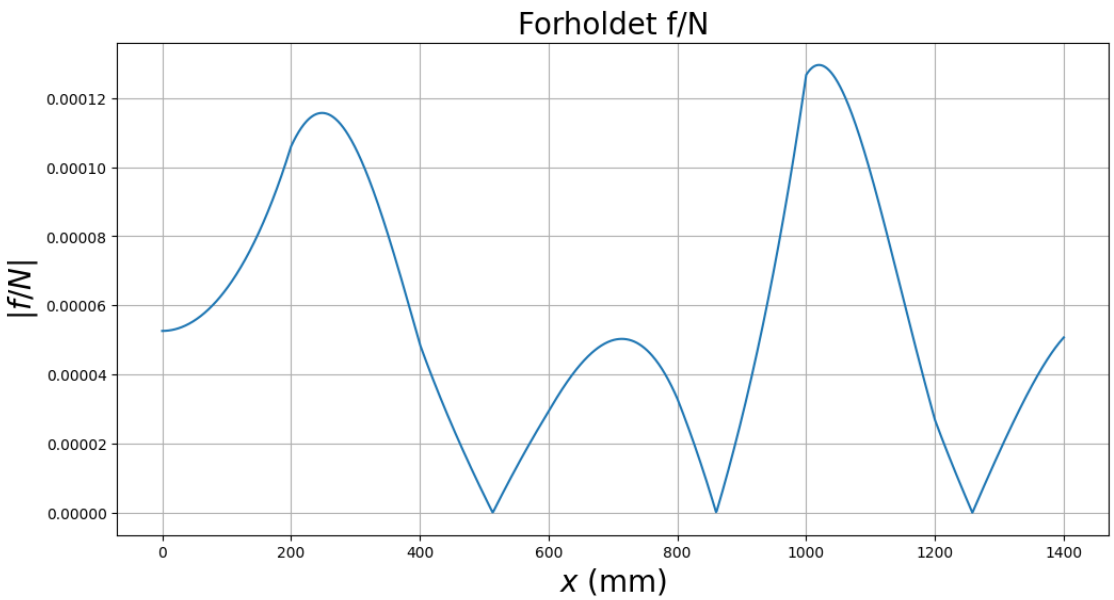
[ ]:
```
def friksjon():
    #Konstanter
    c = 2/5
    m = 0.031 #kg
    g = 9810 #mm/s**2
    return (c/(1+c)*m*g*np.sin(beta))/1000

def plot_friksjon():
    kraft = plt.figure('y(x)',figsize=(12,6))
    plt.plot(x,friksjon())
```

```
    plt.title('Friksjonskraft', fontsize=20)
    plt.xlabel('$x$ (mm)',fontsize=20)
    plt.ylabel('$f$(mg)',fontsize=20)
    plt.grid()
    plt.show()

plot_friksjon()
```



Figur 7 Plotting av 'Friksjonskraft'

[ ]:
```
def plot_NdF():
    F = friksjon()
    N = normalKraft()
    NF = np.abs(F/N)
    kraft = plt.figure('y(x)',figsize=(12,6))
    plt.plot(x,NF)
    plt.title('Forholdet f/N', fontsize=20)
    plt.xlabel('$x$ (mm)',fontsize=20)
    plt.ylabel('$|f/N$|',fontsize=20)
    plt.grid()
    plt.show()

plot_NdF()
```



Figur 8 Plotting av 'Forholdet mellom friksjon- og normalkraft'

[ ]:
```
h_start = 0.287 #[m]

h_slutt = 0.155 #[m]

m_kule = 0.037 #[kg]

V_slutt = [1.391,1.377,1.35828 ,1.36367, 1.407, 1.361, 1.343, 1.345, 1.3435, 1.
↪343, 1.339] #[m/s]

rulletid = [1.55, 1.54, 1.500, 1.5333, 1.500, 1.533, 1.500, 1.567, 1.533, 1.
↪433] #[s]


def gjennomsnitt_rulletid():
    rulletid_sum = sum(rulletid)/len(rulletid)
    return rulletid_sum

def gjennomsnitt_sluttfart():
    V_slutt_sum = sum(V_slutt)/len(V_slutt)
    return V_slutt_sum

g = 9.81 #[m/s**2]
def tap_mekanisk_energi():
    Energi_sum = 0
    #finner gjennomsnittstap på de ti forsøkene
```

```python
    for i in V_slutt:
        Energi_sum = h_start*g*m_kule - (i**2 * 0.5 * m_kule + m_kule*g*h_slutt)

    Energitap_gjennomsnitt = Energi_sum/10


    return Energitap_gjennomsnitt

def tap_mekanisk_energi_liste():
    liste =[]
    for i in V_slutt:
        Energi_sum = h_start*g*m_kule - (i**2 * 0.5 * m_kule + m_kule*g*h_slutt)
        liste.append(Energi_sum)

    return liste

gjenr = gjennomsnitt_rulletid()
gjenv = gjennomsnitt_sluttfart()
tap_m = tap_mekanisk_energi()
print('Gjennomsnitts tid funnet fra eksprimentet (s): %4.3f' %gjenr)
print('Gjennomsnitts fart funnet fra eksprimentet (m/s): %4.3f' %gjenv)
print('Tap av mekanisk energi funnet fra eksprimentet (J): %4.5f' %tap_m)
```

```
Gjennomsnitts tid funnet fra eksprimentet (s): 1.519
Gjennomsnitts fart funnet fra eksprimentet (m/s): 1.361
Tap av mekanisk energi funnet fra eksprimentet (J): 0.00147
```

[ ]:
```python
def total_kinetisk():
    m = 0.031 #[kg]
    r = 0.011
    c = 2/5 #[Geometrisk massefordelingskonstant]
    Kinetic = ((1+c)/2)*m*gjennomsnitt_rulletid()**2 #[J]

    return Kinetic

tot_k = total_kinetisk()
print('Kinetisk energi ved 1,4 m funnet fra eksprimentet (J): %4.3f' %tot_k)
```

```
Kinetisk energi ved 1,4 m funnet fra eksprimentet (J): 0.050
```

[ ]:
```python
def finn_standaravik(data):
    sum1 = 0
    for value in data:
        sum1 += (value - tap_mekanisk_energi())**2

    delta_X = np.sqrt(1/(len(data)-1) * sum1)
    return delta_X
```

[ ]:
```python
def standarfeil(data):
    standarfeil = finn_standaravik(data)/np.sqrt(len(data))
    return standarfeil
```

[ ]:
```python
def view_diff():
    diff_list = []
    simulert_hatighet = finn_farten(y)[-1]/1000
    ekspremententiell_hastighet = sum(V_slutt) / len(V_slutt)

    diff_list.append(simulert_hatighet-ekspremententiell_hastighet)

    simulert_rulletid = finn_tid()
    ekspremententiell_rulletid = gjennomsnitt_rulletid()

    diff_list.append(simulert_rulletid-ekspremententiell_rulletid)
    diff_list.append(simulert_kinetic(y)[-1]-total_kinetisk())


    return diff_list

print(f"Forskjell i hastighet: {view_diff()[0]} \nForskjell i rulletid␣
 ↪{view_diff()[1]}\nForskjell i kinetisk energi {view_diff()[2]}")
```

```
Forskjell i hastighet: 0.15960275161897042
Forskjell i rulletid 1.0508157217971623
Forskjell i kinetisk energi 0.00011303091567000517
```

2 1.1 Sammendrag

3 1.2 Introduksjon

4 1.3 Teori

#\section{ Energi kan ikke oppstå eller forsvinne, kun gå over i andre former. Det er dette loven om energibevarelse sier. For et villkåelig objekt som forflytter seg i tid og rom vil alltid

$$E_{P_0} + E_{K_0} = E_P + E_K + E_F$$

Her er E_{P_0} objektets potensielle startenergi og E_{K_0} objektets samlede kinetiske startenergi, mens E_{P} er objektets potensielle energi etter en forflytning. For objekter som ruller vil den kinetiske energien være gitt av

$$K = 1/2MV^2 + 1/2I_0\omega^2$$

der M hele objekts masse og V er massesenterets fart. ω er rullebetingelsen, altså massesenterets fart dividert med radiusen, og I_0 er objektets treghetsmoment som er gitt av

$$I_0 = cMR^2$$

der c er en geometrisk massefordelingskonstant, M er massen og R er radiusen. Et objekt som starter i ro fra en høyde y_0 vil basert på likningene ha en samlet kinetisk energi

$$E_K = 1/2MV^2 + 1/2McV^2 E_K = 1/2MV^2 \times (1+c)$$

Gitt at vi har en endring i potensiell energi, $y_0 - y$ vil man ved å sette inn denne høydeforskjellen i energibavaringsloven løse for farten som dermed er gitt ved

$$V(y) = \sqrt{\frac{2g(y_0 - y(x))}{1+c}} V(y) = \sqrt{\frac{2g}{1+c}} \sqrt{(y(s))}$$

Dersom man nå deriverer uttrykket vil vi ende opp med akselerasjonen. Her bruker vi kjærneregelen to ganger siden funksjonen V er egentlig $V(y(x(t)))$ og ender dermed med

$$A = \frac{dV}{dt} = \frac{dV}{dy}\frac{dy}{ds}\frac{ds}{dt} A = \sqrt{\frac{2g}{1+c}} frac12 \sqrt{y} \sin(\beta) V$$

når vi setter inn for farten V kan mye kannselleres og vi ender opp med

$$A = \frac{gsin\beta}{1+c}$$

Her er altså g gravitasjonskonstanten, β helningsvinkelen og c den geometriske konstanten for objektets treghetsmoment. Newtons 2. lov sier at summen av et systems ytre krefter er lik systemets masse ganget med akselerasjonen.

$$\sum F = m \times a$$

På et skråplan med helning β vil summen av alle krefter som virker på fartsretningen være gitt ved

$$Mgsin(\beta) - f = MA$$

der man kan sette inn det som ble utledet for akselerasjonen for A slik at det blir

$$Mgsin(\beta) - f = \frac{Mgsin\beta}{1+c}$$

Løser for f og får

$$f = \frac{cMgsin\beta}{1+c}$$

Friksjonskraften f er nødvendig for at en kule skal trille nedover et skråplan. Likevel vil ikke friksjonskraften utføre noe arbeid på en kule der rullebetingelsen er oppfylt. Det vil si $\omega R - V = 0$. Dette kommer av at hastigheten punktet på kula som er nær bakken vil alltid være 0. For kreftene som virker normalt på fartsretningen vil Newtons 2. lov kunne benyttes. Uttrykket for akselerasjonen $A \perp$ er gitt ved

$$A \perp = frac{-}v^2 r A \perp = frac V^2 \rho$$

der *rho* er krumningsradiusen som er gitt ved

$$\rho = \frac{(1+(y')^2)^{frac32}}{|y''|}$$

Dermed blir uttrykket for $A \perp$

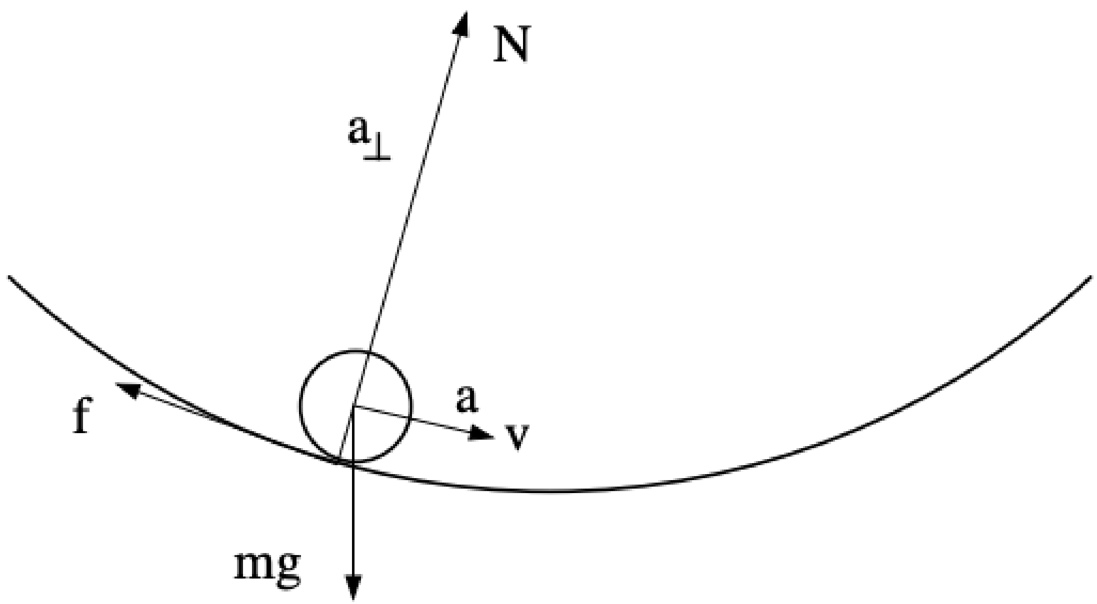
$$A \perp = frac V^2 |y''| (1+(y')^2)^{frac32}$$

Der y er høyden i banen som funksjon av x. Dersom en ser kreftene som virker i høyden og setter inn for F får vi

$$N - mgcos(\beta) = MA \perp N = MA + mgcos(\beta)$$

Der N er normalkraften, m er massen, g er gravitasjonskonstanten og β er helningsvinkelen, altså vinkelen mellom underlaget og referansekoordinatsystemet, samt $A \perp$ er sentripetalakselerasjonen. Sentripetalakselerasjonen er gitt i likning XXXXXX som totalt sett gir

$$N = fracMV^2|y''|(1 + (y')^2)^{frac32} + mgcos(\beta)$$

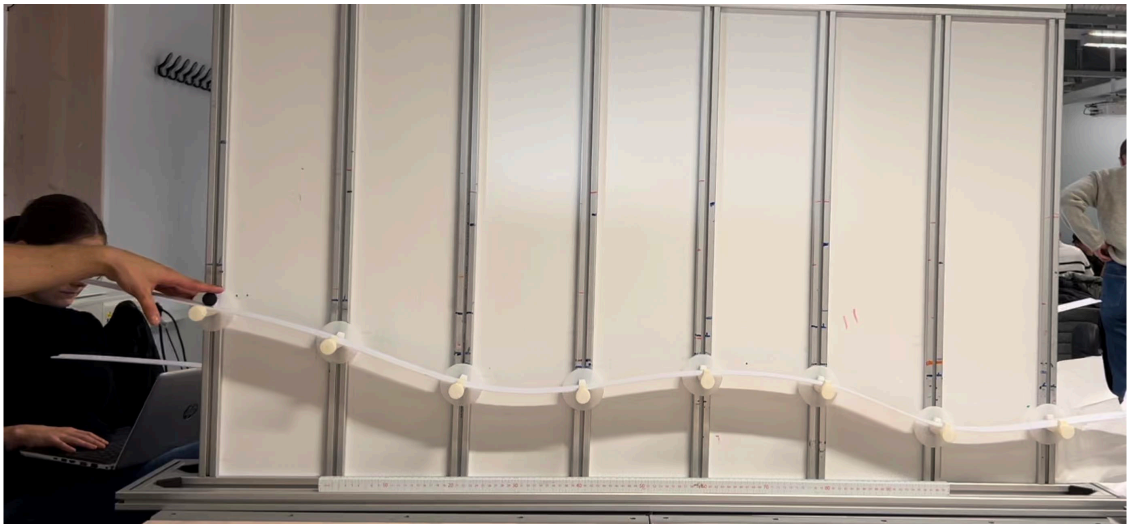


5 1.4 Metode

Vi starter prosjektet med bestemme baneformen på forsøket, dette bestemmes fra den tildelte kode. Dette står i første python celle i form av markdown. Deretter blir alle de nøyvendige funksjonene laget som fart, kinetisk energi, krumning, helningsvinkel, tiden, normalkraft oog friksjonskraft. HVordan disse blir beregnet ligger i teorien.

Vi har nå kommet til forsøk delen. Her blir en kompakt gummikule med massen lik 37g slippes fra en bestemt høyde og går igjennom banen. Bevegelsen til kulen blir filmet 10 ganger og videoene blir puttet inn i programmet Tracker. I Tracker bruker vi verktøyet Calibrium Stick for å definere 1 meter. Vi har en meter stokk i bunn som vi bruker den Calibrium Stick på. Vi putter også koordinatsystemet nederst til venstre i banen. I Tracker bruker vi verktøyet Point Mass Autotracker for å spore bevegelsen til gummikula og få farten og posisjonen til kula gjennom banen. Vi tok ut sluttfarten og tiden den brukte for å komme seg igjennom banen og brukte de opplysningene til analysen videre.

Etter forsøket må vi først finne middelverdiene til rulletid og sluttfart. vi kan bruke disse verdiene til å finne tap av mekanisk energi, standaravvik og standarfeil. disse verdiene blir så diskutert i diskusjonsdelen.



Figur x
Bilde av oppsettet

6 1.5 Resultater

6.0.1 Simulering

Det ble brukt numerisk analyse for å få en modell på hvordan kulen ville bevege seg gjennom kulebanen. Banen ble satt opp ved å benytte seg av startverdien 300 også generere tilfeldige tall som skapte en bane. Alle beregningene ble gjort ved å lage pythonskript for å gjøre utregningene og plotte grafene. Banens form ble bestemt til å være en parabel som gikk gjennom hydene 300, 253, 182, 175, 205, 189, 123, 135 gitt i mm med intevaller på 200mm i x retning.

Teoretisk fart Vi beregnet rulletiden til å være 2.57sek ved hjelp av funksjonen `finn_tid()` i apendex A. Videre brukte vi funksjonen `plot_fart(y)` for å plotte farten til kulen gjennom banen. Farten ble beregnet til å være 1.5m/s ved slutten av banen. Merk at plottet viser hastighet i mm/s.

Normalkraft Videre ble friksjon og normalkraft plottet ved hjelp av de egne funksjonene `normalKraft()` og `friksjon()`. Normalkraften ble beregnet til å være 300 N(mg) ved slutten av banen. Friksjonen ble beregnet til å være 0.01 f(mg) ved slutten av banen.

Teoretisk kinetisk energi Den kinetiske energien ble regnet ut til å være 50J ved slutten av banen. Endringen i kinetisk energi med henysn på plassering på banen i x-retning kan ses i figuren under.

6.0.2 Eksperiment

Resultatene funnet i den eksprimentetlle delen ble funnet slik det er representert i metode delen, hvor tallene er hentet fra verktøyet 'Tracker'.

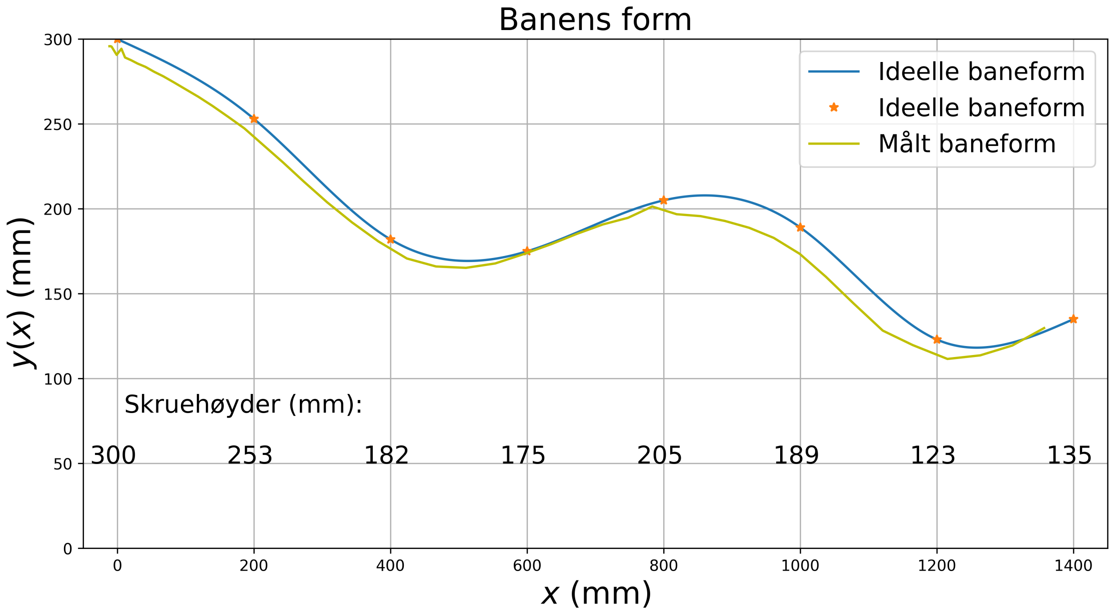
Rulletid Ved bruk av 'Tracker' brukte vi `gjennomsnitt_rulletid()` til å finne gjennomsnittsfarten fra de 10 forskjellige forsøkene. Ved kjøring av koden fikk vi at den gjennomsnittlige rulletiden var tilnærmet lik 1.52 [s]. Vi sammenlignet dettte med `finn_tid()`, som viser den teoretiske tiden kulen skulle brukt. Da fikk vi ut at den teoretiske tiden var tilnærmet lik 1.52 [s].

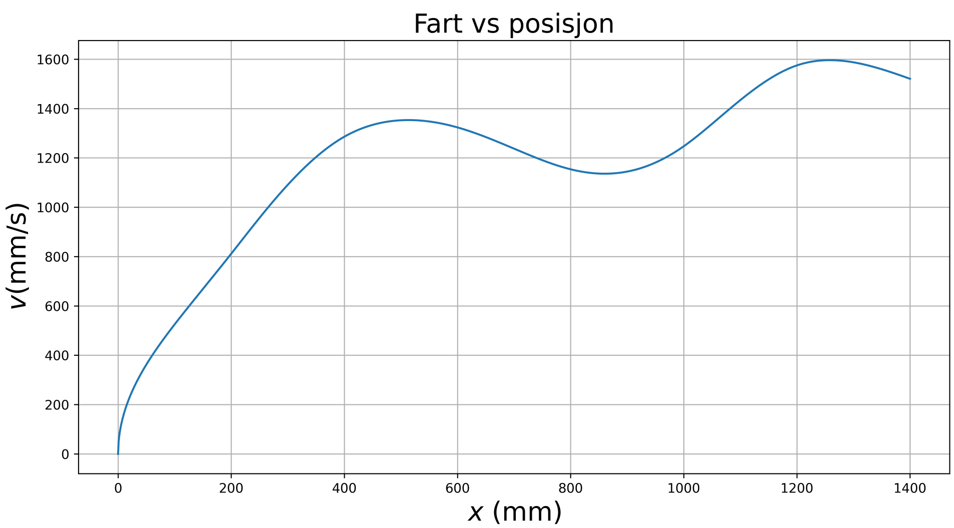
Slutthastighet Ved lignende metode som ved funnet av rulletid fant vi sluttfarten til kulen ved bruk av 'Tracker'. Vi puttet deretter de 10 verdiene inn i funksjoenen `gjennomsnitt_sluttfart()` og fant at basert på eksprimentet så er den gjennomsnittlige sluttfarten tilnærmet lik 1.36 [m/s]. Den teoretiske sluttfarten ble funnet ved å sette 'y = cs(1401)' og putte dette inn i funksjonen `finn_farten(y)`. Resultatet for den teoretiske sluttfarten ble tilnærmet lik 1.52 [m/s].

Kinetisk energi i sluttpunkt Den kinetiske energien ble funnet ved bruk av funksjonen `total_kinetisk()` som brukte slutt fart funnet med bruk av 'Tracker'. Den gjennomsnittlige totale kinetiske energi igjen i kulen når sluttfarten ble målt var 0.05 [J]. Dette er tilnærmet likt det teoretiske svaret vi fikk fra funksjonen `tap_mekanisk_energi()`.

Tap av mekanisk energi Tapet av mekanisk energi ble funnet ved bruk av funksjonen `tap_mekanisk_energi()`. Her fikk vi en verdi på 0.00147 [J].

Visualisert Til slutt lagde vi en funkjson `view_diff()` som gir ut differansen mellom de teoretiske verdiene og verdiene vi fant fra eksprimentet. Her fikk vi at differansen mellom slutthastigheten var 0.159 [m/s], rulletid var 0.002 [s] og kinetisk energi i sluttpunktet var 0.00011 [J].





7 1.6 Diskusjon

Resultatene Vi har fått en forskjell på simulert og eksperimentell verdier som var uventet. Den simulerte hastigheten var høyere i gjennomsnitt enn de eksperimentelle. Det var uventet fordi antagelsene som å fjerne friksjon og luftmotstand skulle egentlig gjøre den eksperimentelle hastigheten større enn den simulerte. Det gir en indikasjon på hvor liten friksjonen og luftmotstanden er, og at det derfor er fornuftig å neglisjere de. Årsaken for forskjellen i slutthastighet kommer nok fra feil i baneformen. Det observeres også innen rulletid og den kinetiske energien i sluttpunktet. Den kinetiske energien var i gjennomsnitt større for den simulerte enn den eksprementielle, og rulletiden til den eksperimentelle var i gjennomsnitt ett sekund lengre enn den simulerte. Det er en stor forskjell, som mest sannsynlig kommer fra mange bidrag.

Bidrag til avvik

Et annet bidrag kan være at kula får et lite «dytt» som gir ballen en startfart ulik null. Det vil gi kula en økt fart igjennom hele kulebanen. Det er nok usannsynlig at startfarten har gitt noe stort bidrag for feilmarginen. Det er fordi differansen på resultatene er liten, og et bidrag i startfart som er så jevnt er veldig usannsynlig. Et annet bidrag kan være målefeil. Det kan ligge i at vi måler feil tyngde og radius på kula, banen er unøyaktig satt opp og at oppsettet av banen og kameraoppsettet i forsøket er feil satt opp. Dersom kamera er feil satt opp kan det føre til perspektivfeil, som igjen kan føre til unøyaktige koordinatposisjoner i aksesystemet. Dersom banen vår blir satt opp på feil høyde, vil det gi et stort bidrag på feilmarginen.

Rimeligheten bak funksjonene Hvis vi sammenligner funksjonene N(x), f(x) og v(x) med baneformeny(x) så er resultatene rimelig. Bunnpunktene i y(x) vil vi gi toppunkt i alle funksjonene over og motsatt. Det er dermed rimelig å anta at resultatene vi har er riktig.

8 Konklusjon

Vi konkluderer med at det var en vellykket lab, men med litt rare resultater. Sluttfart ble målt til 1,36 m/s og simulert sluttfart ble regnet til 1,52 m/s. Rulletid ble målt til 1,51 s og simulert rulletid ble regnet til 2,56s. Eksperimentell kinetisk energi ble beregnet til 0,04 j og simulert 0,05 j. Våres tap i mekanisk energi er lav noe som gir mening da vi kan anta ren rulling igjennom baneformen. Feil i de numeriske beregningene er drøftet i diskusjon.

9 Kilder

[1] J. A. Støvneng, Lablikninger, NTNU 02.02.2023 phys.ntnu.no [2] Oskar Ryggetangen, notebook-mal_V23. TFY4115 NTNU 03.02.2023 phys.ntnu.no [3] Robert Hanson, Wolfgang Christian, Anne Cox, and Mario Belloni, Tracker, 2018 physlets.org/tracker