Sammanfattning :*en kort sammanfattning på några rader om vad projektet går ut på.*

Kategori 1:

U1: Uppgiften utgår från att omskriva 2:a ordningens system för rörelse (se ekvation (1)), till 1:a ordningens system . För att kunna göra det behöver vi först göra en variabelsubstitution, den ges av ekvation 2. Vi får då det nya systemet av ekvationer (se ekvation 3)), vilket ges på matrisform enligt ekvation 4.

$Mq'' + Cq' + Kq = F$där $M = \left[m_1\,0\,;\,0\,m_2\right]$ $C = \left[c_1\ -c_1\,;-c_1\ c_1 + c_2\right]$

$K = \left[k_1\ -k_1\,;-k_1\,k_1 + k_2\right]$ $F = \left[0\ \ k_2h + c_2h'\right]$

ordinarie diffekvationer för $z_1$och $z_2$ges av $m_1z_1'' + c_1(z'_1 - z_2') + k_1(z_1 - z_2) = 0$

$m_2z''_2 + c_1(z'_2 - z_1') + c_2(z'_2 - h') + k_1(z_2 - z_1) + k_2(z_2 - h) = 0$

(1)

$v_1 = z_1\ \ v_2 = z_2\ \ v_3 = z'_1\ \ v_4 = z'_2\ \Leftrightarrow\ \ v'_1 = v_3\ \ v'_2 = v_4\ \ v'_3 = z''_1\ \ v'_4 = z''_2$

(2)

$\left[v'_1\ v'_2\ v'_3\ v'_4\right] = \left[0\,0\ -k_1/m_1\ k_1/m_2\,;\ 0\,0\,k_1/m_1\ -(k_1 + k_2)/m_2;\ 1\,0\ -c_1/m_1\ c_1/m_2;\ 0\,1\,c_1/m_1\ -(c_1 +\right.$

$*\left[v_1\ v_2\ v_3\ v_4\right]+\left[0\,0\,0(k_2h + c_2h')/m_2\right]$ **(3)**

Höjden av vägunderlaget beskrivs av ekvation 4

$h(t) = H/2(1 - cos(2\pi vt)/L)\ \ f\ddot{o}r\ t \le L/v \qquad h(t) = 0\ för\ t > L/v$

```
function [h,hdot] = roadprofile(H,L,v,t)
% Utparametrar: höjden h(t), och dess derivata h'(t)
% Inparametrar: Höjden på guppet H, längden på guppet L, bilens hastighet v och den aktuella tiden t

if t> L/v
    h=0;
    hdot=0;
else
    h=H/2*(1-cos(2*pi*v*t/L));
 hdot=H/2*sin(2*pi*v*t/L)*2*pi*v/L;
end
```

```
function dy = quartercar(t,y,A,k2,c2,m2,H,L,v)
% Utparameter: dy. Funktionen definierar och returnerar högerledet i systemet dy/dt = A*y(t) + g(t)
% Inparametrar: Tidpunkt t, lösningsvektor y(t), systemmatris A, konstanter k2, c2, m2, H, L, v
[h,hdot]=roadprofile(H,L,v,t);
g=[0;0;0;(k2*h+c2*hdot)/m2];
dy=A*y+g;
end
```

U2: *Uppgiften går ut på att lösa IVP vi tagit fram i U1 numeriskt med några olika numeriska metoder. Vi jämför resultaten från metoderna för att studera om metodernas noggrannhet och effektivitet.*

För Euler framåt metoden anges följande med en MATLAB-kod

```
deltaeuler=[5*10^-3, 5*10^-4];
h=deltaeuler;
A=[0,0,1,0;0,0,0,1;-k1/m1,k1/m1,-c1/m1,c1/m1;k1/m2,-(k1+k2)/m2,c1/m2,-(c1+c2)/m2]
te1=[t0:h(1):t1];
Yevec1=feuler2(te1,Ytemp,A,k2,c2,m2,H,L,v,h(1),Yevec);
te2=[t0:h(2):t1];
Yevec2=feuler2(te2,Ytemp,A,k2,c2,m2,H,L,v,h(2),Yevec);
```

För ode45 metoden anges följande med en MATLAB-kod

```
tode45=[t0,t1];
options = odeset('RelTol',1e-6,'AbsTol',1e-8, 'Refine',1);
[tv45,yv45]=ode45(@(t,y)quartercar(t,y,A,k2,c2,m2,H,L,v),tode45,Y0,options);
yv45(:,1);

figure(1);
plot(tv45,yv45(:,1),tv45,yv45(:,2),tv45,yv45(:,1)+yv45(:,2),te1,Yevec1(2,:)',te2,Yevec2(2,:)');
title('positionerna för ode45');
legend('z1','z2','z1+z2','z2 euler 5*10^-^3','z2 euler 5*10^-^4');
xlabel('t');
ylabel('z');
```

```
max(yv45(:,1));
max(yv45(:,2));
mm1=tv45(find(yv45(:,1)== max(yv45(:,1))));
mm2=tv45(find(yv45(:,2)== max(yv45(:,2))));
ttemp=tv45;
ttemp(1)=[];
tv45(end)=[];
deltat=ttemp-tv45;          % [0;ttemp]
figure(2);
plot(tv45,deltat);
title('skillnad i tidssteg för ode45');
legend('deltat');
xlabel('t');
ylabel('deltat');
```

U3:

U4:

Kategori 2:

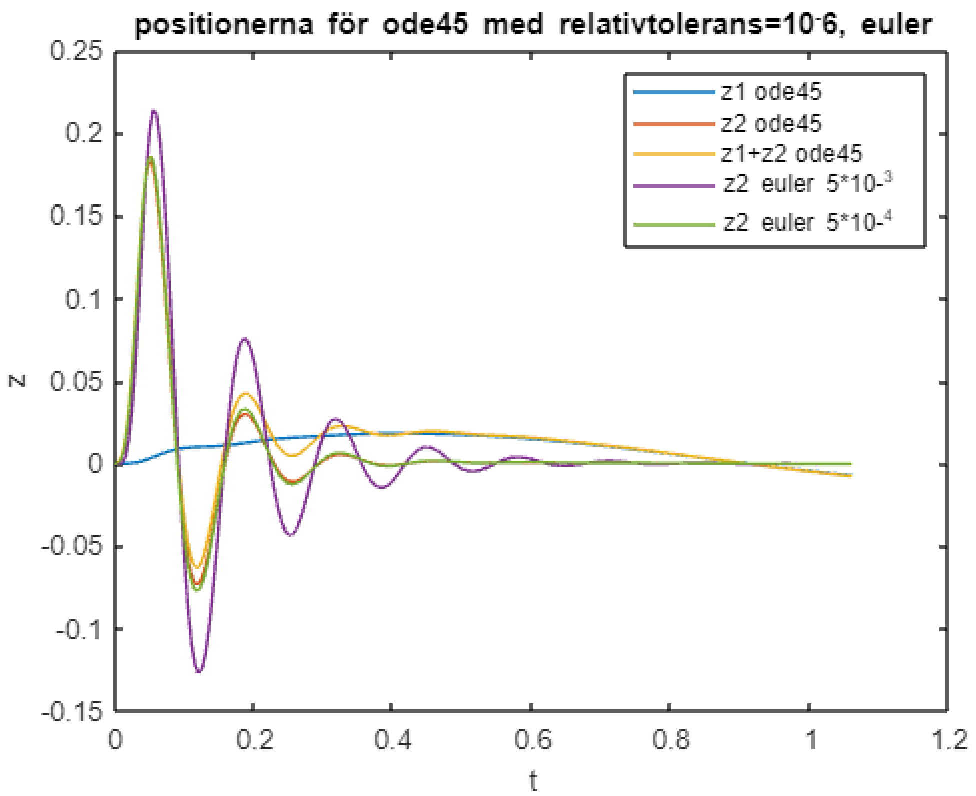
U1

Matrisen A fås som följande:

	1	2	3	4
1	0	0	1	0
2	0	0	0	1
3	-11.9565	11.9565	-0.6522	0.6522
4	91.6667	-2.1676e+05	5	-26.6667

U2

i), iii) max av z1 är 0.412416661126943
max av z2 är 0.050755338939411



Vi ser att kurvan “z2 euler $5*10^{-4}$” är närmare ode45 kurvan för z2 än “z2 euler $5*10^{-3}$” vilket innebär att “euler lösningarna” närmar sig lösningen för ode45 med ett minskande steglängd. Det innebär också att ode45 är en noggrannare metod euler med dessa steglängd och toleranser.

z1max= 0.018185869900703 vid t=0.412416661126943s, z2max=0.182575421542983 vid t=0.050755338939411s

De maximala utslagen skiljer sig med en tiopotens vilket innebär att passagerarna kommer att förflyttas vertikalt en tiondel av det avstånd som hjulen förflyttar sig. Därav uppstår en dämpning för passagerarna.

U3

ii)

$\Delta t_{max} = 0.052708315751032$ då $k_2=k_{2ref}$

$\Delta t = 5 * 10^{-3}$ uppfyller stabilitetsvillkoret

iiii)

För $k_2=100k_{2ref}$ och $\Delta t=0.1\Delta t_{max}$ gäller:

Δt_{max}=0.054522425334094

Δt=0.0054522425334094