

9. Liikenneturvallisuus 20 p.

Aineisto

9.A Tiedosto: Simulaatio

Linkki simulaatioon:

<https://extrat.liikenneturva.fi/pysahtymismatka-auto/fi/>

Auton pysähtymismatkaan vaikuttavat reaktioaika, joka kuluu kuljettajalta jarrutuksen aloittamiseen sekä jarrutusmatka. Hidastumisen suuruuteen vaikuttaa tien pinnan laatu, jota tehtävässä kuvataan liukukitkakertoimella. Tehtävässä oletetaan hidastumisen tapahtuvan vain kitkan johdosta.

9.1 Aineistossa 9.A on Liikenneturvan sivuilla esitetty simulaatio pysähtymismatkasta. Liikenneturva on julkisoikeudellinen yhdistys, joka tekee liikenneturvallisuuteen liittyvää työtä. Johda lauseke pysähtymismatkalle, jossa muuttujina ovat auton nopeus ennen jarrutusta ja tien pinnan laatua kuvaava liukukitkakerroin. 6 p.

Jarrutuksen aikana auton liike-energia E_k muuntuu liukukitkan tekemän työn W_μ kautta lämmöksi:

$$E_k - W_\mu = 0$$

Tai työperiaatteen avulla: ulkoisen (kitka)voiman tekemä työ $W_\mu = \Delta E_k$

Koska kitkavoima on yhdensuuntainen liikkeen kanssa, $W_\mu = F_\mu s$, missä s on jarrutusmatka. Siis

$$\frac{1}{2}mv^2 = F_\mu s. \quad \Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2, \text{ koska auto pysähtyy loppuksi.}$$

Tässä v on auton nopeus ennen jarrutuksen alkua. (Reaktioaikana auto kulkee tasaisesti tällä nopeudella.)

Kitkavoima $F_\mu = \mu N$, missä μ on liukukitkakerroin ja N pinnan tukivoima.

Vaakasuoralla alustalla autoon kohdistuva tukivoima on auton painon suuruinen: $N = G = mg$, joten $F_\mu = \mu mg$ ja

$$\frac{1}{2}mv^2 = \mu mgs.$$

Tästä saadaan ratkaistua jarrutusmatkan s riippuvuus nopeudesta v ja kitkakertoimesta μ :

$$s = \frac{v^2}{2\mu g}$$

Pysähtymismatkaan s_p vaikuttaa myös reaktioaika t_r (simulaatiossa $\approx 1,0$ s), jonka aikana auto etenee tasaisella nopeudella v matkan $s_r = vt_r$. Pysähtymismatka on muotoa

$$s_p = \frac{v^2}{2\mu g} + vt_r$$

9.2 Määritä liukukitkakerroin sopivaa graafista esitystä käyttäen jäiselle tielle käyttämällä simulaatiota. Simulaatio ennustaa jarrutusmatkan erilaisille auton nopeuksille. **8 p.**

Yhtälö $\frac{1}{2}mv^2 = \mu mgs$ voidaan kirjoittaa muotoon $v^2 = 2g\mu s$.

Kun esitetään mittaustulokset (s, v^2) –koordinaatistossa, muodostavat pisteet suoran, jonka kulmakerroin on $k = 2g\mu$.

Taulukoidaan jarrutusmatkat eri nopeuksilla. Muutetaan nopeudet metreiksi sekunnissa (jakamalla luvulla 3,6) ja lasketaan myös nopeuden neliöt.

v(km/h)	v(m/s)	s(m)	v ² (m ² /s ²)
40	11.11	41	123.46
50	13.89	64	192.9
60	16.67	93	277.78
80	22.22	165	493.83
100	27.78	257	771.6
120	33.33	370	1111.11

Laaditaan pistelista kahdesta oikeanpuolimmaisesta sarakkeesta.

Suoran kulmakertoimeksi $k = 2g\mu$ saadaan graafisen esityksen perusteella

$$k \approx 3,003 \frac{\text{m}^2/\text{s}^2}{\text{m}} = 3,003 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Jäisen tien (ja auton renkaan välinen) liukukitkakerroin on

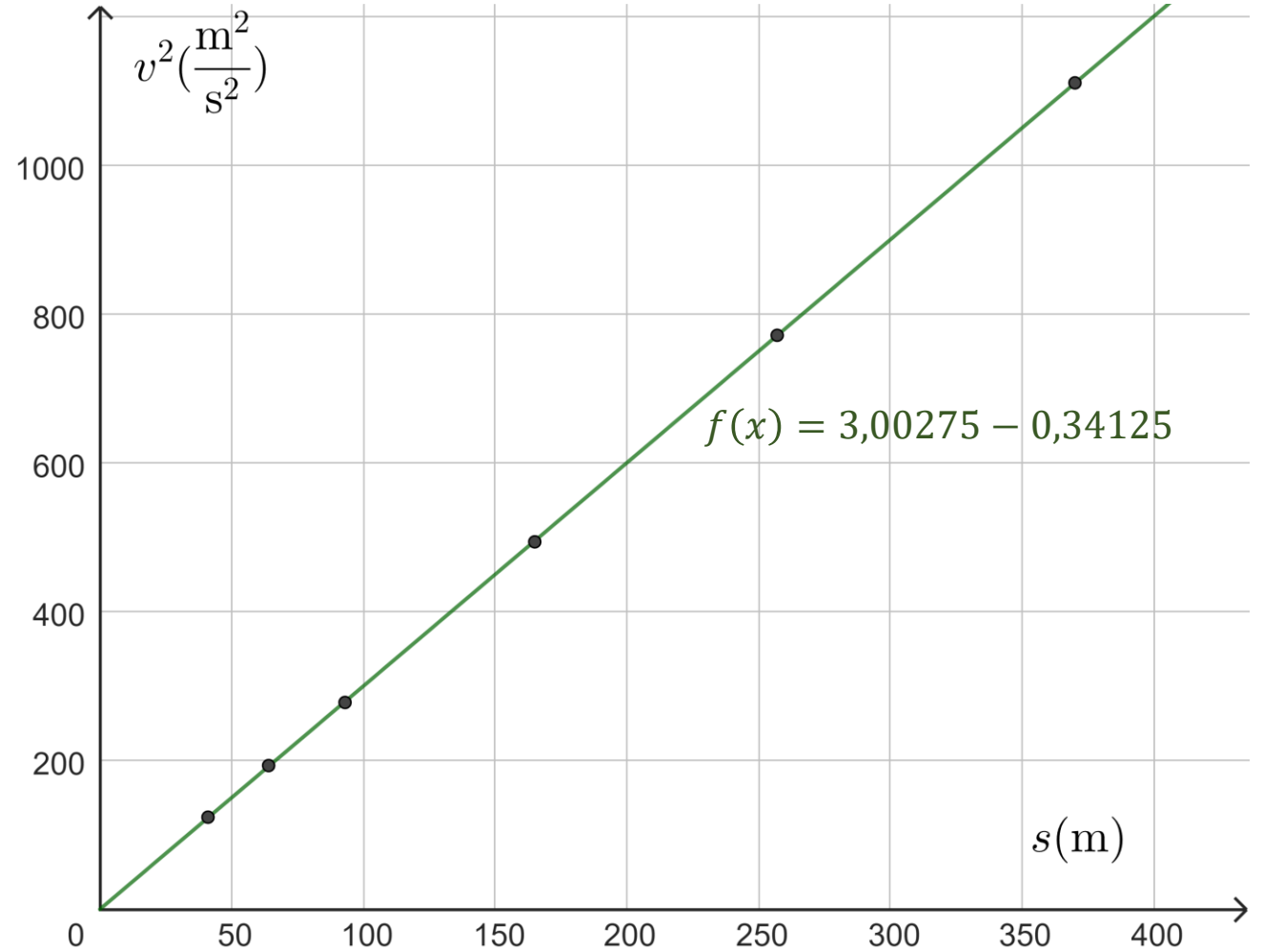
$$\mu = \frac{k}{2g} \approx 0,15.$$

$$k := \frac{3.003 \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$3.003 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\frac{k}{2 \cdot g}$$

$$0.15311$$



9.3 Liikenneturvallisuutta on lisätty määrämällä turvavyöt pakollisiksi varusteiksi vuonna 1981 ja turvatyyny 1995. Mihin perustuvat turvavöiden ja turvatyynyn liikenneturvallisuutta lisäävä vaikutus? (6 p.)

Turvavyö kohdistaa henkilöön voiman, joka hidastaa henkilön liikettä. Ilman turvavyötä henkilö jatkaisi liikettään Newtonin 1. lain mukaisesti samalla kun auton nopeus laskee jarrutuksessa.

Turvavöiden ansiosta henkilön vartalon kiihtyvyys on sama kuin auton eli henkilö ei juurikaan liiku auton suhteen. Tällöin voidaan välttyä törmäykseltä auton rakenteisiin.

Turvavyö estää hyvin vartalon liikkeen auton suhteen, mutta henkilön pää ja muut kehon osat voivat jatkaa liikettä. Pään osuessa turvatyynyyn, törmäykseen kuluva aika on selvästi suurempi kuin pään osuessa auton koviin rakenteisiin. Henkilöön kohdistuva hidastuvuus (eli negatiivinen kiihtyvyys) on siis paljon pienempi kuin ilman turvatyynyjä. Newtonin 2. lain mukaisesti henkilöön törmäyksessä kohdistuva (maksimi)voima on vastaavasti pienempi. Pienempi voima aiheuttaa vähemmän vahinkoa.