

***Pavadinimas: Aviacija – lėktuvo kuro sąnaudos***

<b>Sąvokos:</b> procentai, modeliavimas, greitis, atstumas, laikas, masė, tankis	<b>Laikas:</b> 90 min.	<b>Amžius:</b> 13-14
--	------------------------	----------------------

<b>Diferencijavimas:</b>  Aukštesnis lygis: gali būti atsižvelgiama į oro pasipriešinimą.  Žemesnis lygis: darbalapiuose gali būti panaudojamos užuominos, gali būti pateikiama dalis sprendimo.	<b>Nuorodos, IKT pagalba ir t.t.:</b>  Kuro kiekio skaičiavimui naudojamasi apletais (programėlėmis).  Pasirinktinai, mokiniai gali pasidalinti grupės darbą tarpusavyje, pavyzdžiui, vieni sutelkia dėmesį į matematinius dalykus, kiti - į gamtamokslinius.
--	---

<b>Šiai veiklai reikalinga įranga:</b>  Darbalapiai.  Interneto prieiga.  <b>Reikalingos žinios:</b>  Pagrindiniai matematiniai veiksmai su skaičiais.  Greičio, atstumo ir laiko sąryšiai.  Masės ir tankio sąvokos.	<b>Šios veiklos mokymosi rezultatai:</b>  Mokiniai gebės atlikti skaičiavimus naudodamiesi pateiktais duomenimis ir instrukcijomis.  Mokiniai gebės panaudoti pamokos informaciją, siekiant padaryti lėktuvo kuro sąnaudų pagrįstus apskaičiavimus bei palyginti juos su kitomis transporto priemonėmis.  Mokiniai gebės paaiškinti įvairius kuro tausojimo būdus (aukščio keitimas, greičio sumažinimas) bei šių metodų ribojimą.
---	--

## **Pamokos aprašymas**

### *Pradinė veikla*

Mokiniai gauna kai kuriuos duomenis apie tam tikrą skrydį (atstumą, vidutinį greitį, žr. darbalapį 1) ir yra prašomi apskaičiuoti šiam skrydžiui reikalingą kuro kiekį. Kai kurie apskaičiavimai užrašomi lentoje.

Po to, mokiniai kelia rankas, jeigu jie galvoja, kad apskaičiuotos kuro sąnaudos yra a) per didelės ar b) per mažos. Mokinių pasirinkusių variantą a) ar b) skaičius yra parašomas prie apskaičiuoto rezultato.

### *Pagrindinė veikla*

Sudaromos grupės po 3 mokinius. Kiekviena grupė gauna darbalapį 2 su tiksliais skrydžio duomenimis ir paaiškinimais, kaip yra skaičiuojamas tikslus kuro kiekis skrydžiui. Mokinių yra prašoma atlikti skaičiavimus su duotais skrydžio duomenimis. Veiklos pabaigoje kiekviena grupė perduoda rezultatus mokytojui. Rezultatai yra užrašomi lentoje ir palyginami su pradinės veiklos apskaičiavimais.

### *Apibendrinamoji veikla*

Grupinis problemos sprendimas (“proto šturmas”) apie tai, kokias galimybes mokiniai mato, kad sutaupyti kuro.

Mokiniai pasirenka vieną ar du darbalapius namų darbams. 3a darbalapyje pateikiami pilotams svarbūs kiti kuro taupymo skaičiavimai. 3b darbalapyje prašoma palyginti lėktuvo ir kitų transporto priemonių kuro sąnaudas. Rezultatai bus aptariami kitoje pamokoje.

# Aviacija – lėktuvo kuro sąnaudos

## D 1 – darbalapis pradinė veikla



Lėktuvui, kaip ir bet kokiai kitai transporto priemonei, reikalingas kuras, (net jeigu “kuras” kartais gali būti žmogaus jėga). Bet kiek kuro ištikrųjų sunaudoja lėktuvas? Ir kaip šis kiekis atrodo palyginus, pavyzdžiui, su automobilio važiavimo ar laivo plaukimo kuro sąnaudomis? Sužinokime!

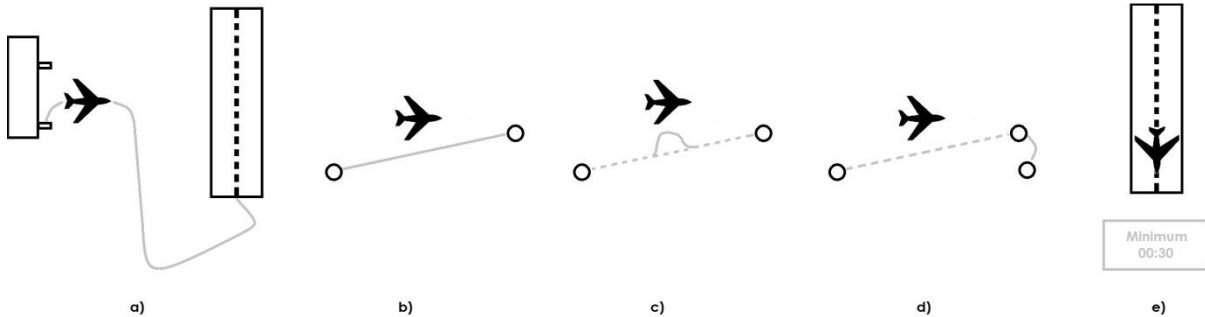
**Užduotis:** Boingui 737-800 (kuris yra daugelio oro linijų naudojamas tipiškas vidutinių nuotolių lėktuvas) reikia nuskristi iš Vienos į Dubajų. Atstumas tarp šių dviejų miestų yra 2450 NM (jūrmylių), kas sudaro 4537 km. Vidutinis greitis per šį skrydį yra apie 445 mazgai (jūrmylių per val.).

Apskaičiuokite, kiek kuro reikia šiam skrydžiui!



# Aviacija – lėktuvo kuro sąnaudos

## Darbalapis 2 – pagrindinė veikla



Reikiamas kuro kiekis komerciniam lėktuvui susideda iš keletos dalių, kurios yra apskaičiuojamos prieš kiekvieną skrydį. Minimalus kuro kiekis susideda iš:

- kuras lėktuvo judėjimui iš parkavimo vietos į pakilimo taką (nustatytas dydis: 200 kg);
- kuras skrydžiui iš oro uosto į galutinį maršruto oro uostą;
- 5% iš b) kaip papildoma atsarga (kompensuoti besikeičiantiems vėjams, žemesniam aukščiui, darant apylanką dėl žaibavimo ir t.t);
- kuras skrydžiui iš galutinio maršruto oro uosto į atsarginį oro uostą (jeigu, pvz., yra blogas oras ar užblokuotas nusileidimo takas galutinio maršruto oro uoste), paskaičiuotas standartiniam greičiui 380 kts (mazgų, jūrmylių per val.);
- minimaliai likęs kuras (po nusileidimo dar turi būti likę kuro 30 min. skrydžiui).

**1 užduotis:** Boeingas 737-800 skrenda iš Vienos į Dubajų. Kaip mes jau žinome, atstumas tarp šių dviejų miestų yra 2450 NM (jūrmylių) = 4537 km. Atsarginis oro uostas skrendant į Dubajų yra Muskatas, esantis 160 NM jūrmylių nuo Dubajaus. Lėktuvas turi du variklius; kiekvienas jų sunaudoja po 1200 kg kuro per valandą. Apskaičiuokite minimalų kuro kiekį, reikalingą šiai kelionei! **Užomina:** Apskaičiuokite kuro kiekį skrydžiui b), po to suskaičiuokite ir pridėkite papildomą kuro kiekį c), d), ir e), tada dar pridėkite judėjimui iš parkavimo vietos į pakilimo taką sunaudotą kuro kiekį a).

**2 užduotis:** Tipiška Boeingo 737-800 masė yra 50000 kg. Kokį darbą reikia atlikti, greitinant lėktuvą tolygiai nuo rimties būsenos iki pakilimo greičio (apytiksliai 160 mazgų) per 20 s, nepaisant oro pasipriešinimo?

## Aviacija– lėktuvo kuro sąnaudos

Darbalapis 3a – namų darbų veikla(pasirinkimas a)



Dabar mes žinome, kiek kuro reikia lėktuvui nuskristi iš Vienos į Dubajų. Bet, kiek užima laiko papildyti degalus lėktuvui? Ar yra koks būdas sutaupyti kuro skrendant?

**Užduotys:**

- Dideliuose oro uostuose kuras į lėktuvus yra pumpuojamas požeminiais vamzdžiais. Oro uostai matuoja kurą tūriu, o ne mase. Kiek litrų kuro turi būti pripildyta į bakus, jei aviacinio kuro tankis yra 0.79 kg/l?
- Kiek laiko užima kuro pripildymo procesas, jei jo tekėjimo greitis yra 14 l/s, o bakuose buvo likę 3.2 tonos kuro?
- Pilotai galvoja skristi žemiau nei planuota, kadangi šoninio vėjo dedamoji dalis bus stipresnė 25 mazgais, jei jie skris 4000 pėdų žemiau. Ar šis pasirinkimas taupo kurą, žinant, kad kiekvienam 1000 pėdų žemesniam aukščiui papildomai reikia 1% daugiau kuro? Kiek kuro gali būti sutaupoma, jei iš viso sutaupoma? (Užuomina: Pridėkite šoninio vėjo greitį prie lėktuvo greičio, ir pakartokite darbalapio 2 skaičiavimus, atsižvelgiant į tai, kad varikliams dabar reikia 4% daugiau kuro).
- Siekdami sutaupyti kuro pilotai mąsto apie oro greičio sumažinimą. Kiek (%) jie gali sumažinti oro greitį, jei ilgiausias leidžiamas skrydžio laikas (kad išvengti uždelsimų) yra 5val. 46 min.? Kiek kuro tokiu būdu jie gali sutaupyti, žinodami, kad greičio sumažinimas 1% reiškia 1% mažesnę kuro suvartojimą? (Užuomina: Pasinaudokite maksimaliu skrydžio laiku (5 val. 46 min.) ir tada apskaičiuokite kuro sąnaudas kaip darbalapyje 2).

## Aviacija– lėktuvo kuro sąnaudos

Darbalapis 3b – namų darbų veikla (pasirinkimas b)



Dabar mes žinome, kiek kuro lėktuvui reikia nusukti 4537 km iš Vienos į Dubajų. Taip, atrodo, kad daug kuro, bet kaip tai palyginti su tą patį atstumą važiuojančiu automobiliu? Kruiziniu laivu?

**Užduotys:**

- Vidutiniam automobiliui 100 km nuvažiuoti reikia apie 7 l (5.5 kg) kuro. Kiek kuro reikės automobiliui nuvažiuoti iš Vienos į Dubajų tiesiu keliu (4537 km)?
- Realus trumpiausias kelias tarp Vienos ir Dubajaus yra 5424 km ilgio. Kiek kuro reikės automobiliui įveikti šį realų atstumą?
- Rezultatai iš a) ir b) tikėtina parodys, kad nuvažiuoti iš Vienos į Dubajų automobiliu reikės mažiau kuro negu nusukti Boeingu 737-800. Bet automobiliu gali keliauti vidutiniškai 4 žmonės, o lėktuvu - 189 keleiviai. Kiek kuro sunaudojama vienam asmeniui važiuojant automobiliu, kiek - skrendant lėktuvu?
- Pasinaudodami internetu sužinokite vidutinio kruizinio laivo kuro sąnaudas. Tada apskaičiuokite kuro kiekį, kurio reikia kruiziniu laivu nuvykti iš Genujos (artimiausias kruizinių laivų uostas į Vieną) į Dubajų, esantį (laivu) už 7680 km. Apskaičiuokite vienam asmeniui sunaudojamą kurą ir palyginkit jį su b) ir c) rezultatais.

# Aviacija– lėktuvo kuro sąnaudos

## Sprendimų lapas

- **Darbalapis 2, užduotis1**

b) apskaičiuokite kuro kiekį, reikalingą nuskristi iš išvykimo oro uosto į galutinį maršruto oro uostą.

Tam apskaičiuojame skridimo laiką:

$$\text{laikas} = \text{atstumas/greitis} = 2450/445 \approx 5.5 \text{ h.}$$

Tada apskaičiuojame vieno variklio kuro sunaudojimą per 5.5 h.

$$1200 \cdot 5.5 = 6600 \text{ kg skrydžio trukmei.}$$

Dviems varikliams:

$$6600 \text{ kg} \cdot 2 = 13200 \text{ kg.}$$

c) Dabar mes pridėdame 5% tos vertės kaip kuro atsargas:

$$13200 \cdot (1+0.05) = 13860 \text{ kg.}$$

d) Reikia pridėti kuro sąnaudas nuskristi iš maršruto galutinio oro uosto (Dubajaus) į atsarginį oro uostą (Muskatą) standartiniu greičiu 380 mazgų. Tam turime apskaičiuoti skridimo laiką iš Dubajaus į Muskatą:

$$\text{laikas} = \text{atstumas/greitis} = 160/380 \approx 0.42 \text{ h.}$$

Dviejų variklių kuro sunaudojimas 0.42 val. skrydžio trukmei:

$$1200 \cdot 0.42 \cdot 2 \approx 1000 \text{ kg.}$$

Pridedame prie c) rezultato

$$13860 + 1000 = 14860 \text{ kg.}$$

e) Po nusileidimo, turi būti likę kuro 30-čiai min. (0.5 h.):

$$1200 \cdot 0.5 \cdot 2 = 1200 \text{ kg.}$$

Pridedame prie d) rezultato

$$14860 + 1200 = 16060 \text{ kg.}$$

Ir galiausiai, pridėdame kurą judėjimui iš parkavimo pozicijos iki pakilimo tako a):

$$16060 + 200 = \mathbf{16260 \text{ kg.}}$$

- **Darbalapis 2, užduotis 2**

Pirmiausia, apskaičiuojame greitį SI vienetais, t.y. m/s:

$$v = 160 \text{ mazgų} = 160 \text{ NM/h.} = 160 \cdot 1.852 \text{ km/h.} = 160 \cdot 1852 \text{ m/h.} = 160 \cdot 1852 / 3600 \text{ m/s} \approx 82.3 \text{ m/s.}$$

Dabar mes galim apskaičiuoti reikalingą darbą:

$$W = m \cdot v^2 / 2 = 50000 \cdot 82.3^2 / 2 = 169332250 \text{ J} \approx \mathbf{169 \text{ MJ.}}$$

- **Darbalapis 3a, užduotis a**

$$\text{Tūris} = \text{masė/tankis} = 16250 / 0.79 \approx \mathbf{20570 \text{ l.}}$$

- **Darbalapis 3a, užduotis b**

Apskaičiuojame, kiek kuro turi būti pripilta į baką

$$16260 - 3200 = 13060 \text{ kg.}$$

Esant tekėjimo greičiui 14 l/s, tai užima = kuras/tekėjimo greitis =  $13060/14 \approx 932 \text{ s} \approx \mathbf{15 \text{ min.}}$

- **Darbalapis 3a, užduotis c**

Kartojam darbalapio 2 skaičiavimus, su dviem pakeitimais: Šoninis vėjo greitis yra pridedamas prie lėktuvo greičio, ir variklio kuro suvartojimas yra padidinamas 4%. Skaičiuojame b), kuro kiekį nuskristi iš išvykimo oro uosto į maršruto galutinį oro uostą. Tam, apskaičiuojame skridimo laiką:

$$\text{laikas} = \text{atstumas/greitis} = 2450/(445+25) \approx 5.2 \text{ h.}$$

Tada apskaičiuojame variklio kuro suvartojimą per 5.2 h.

$$1200 \cdot 1.04 \cdot 5.2 \approx 6490 \text{ kg skridimo trukmei.}$$

Dviems varikliams:

$$6490 \text{ kg} \cdot 2 = 12980 \text{ kg.}$$

c) Dabar pridedame 5% tos vertės kaip kuro atsargas:

$$12980 \cdot (1+0.05) \approx 13630 \text{ kg.}$$

d) Turime pridėti kurą nuskristi iš Dubajaus oro uosto į atsarginį oro uostą (Muskatą) standartiniu greičiu 380 mazgų. Šoninio vėjo komponentas čia nėra pridedamas, taigi galime paimti rezultatą iš darbalapio 2:

$$\text{laikas} = \text{atstumas/greitis} = 160/380 \approx 0.42 \text{ h.}$$

Abiejų variklių kuro sunaudojimas 0.42 val. skrydžio:

$$1200 \cdot 1.04 \cdot 0.42 \cdot 2 \approx 1050 \text{ kg.}$$

Pridedame prie c) rezultato

$$13630 + 1050 = 14680 \text{ kg.}$$

e) Po nusileidimo dar turi būti kuro 30- čiai min. (0.5 val.); rezultatą vėl galime paimti iš darbalapio 2:

$$1200 \cdot 0.5 \cdot 2 = 1200 \text{ kg.}$$

Pridedame tai prie e) rezultato

$$14680 + 1200 = 15880 \text{ kg.}$$

Ir galiausiai, mes pridedame kurą judėjimui iš parkavimo vietos iki pakilimo tako a):

$$15880 + 200 = 16080 \text{ kg.}$$

Mes palyginam tai su kuro kiekiu, apskaičiuotu darbalapyje 2:

$$16260 - 16080 = \mathbf{180 \text{ kg.}}$$

Pilotai sutaupo 180 kg kuro, t.y. apytikriai 1%.



- **Darbalaukis 3a užduotis d**

Skridimo laikas 5 val.46 min. =  $5 + 46/60$  h. = 5.77 h.

Skaičiuojame greitį:

$$\text{Greitis} = \text{atstumas/laikas} = 2450/5.77 \approx 424.6 \text{ mazgų}$$

Kuria dalimi tai yra mažiau už realų greitį 445 mazgų

$$(424.6-445)/445 \approx -4.6 \%$$

Lėktuvas yra 4.6% lėtesnis, t.y. varikliams reikia 4.6% mažiau kuro.

Dabar apskaičiuojame vieno variklio kuro sunaudojimą per 5.77 h., atsižvelgiant į tai, kad varikliams dabar reikia 4.6% mažiau kuro:

$$1200 \cdot 5.77 \cdot (1-0.046) \approx 6600 \text{ kg skrydžio trukmei.}$$

Dviems varikliams:

$$66000 \text{ kg} \cdot 2 = 13200 \text{ kg.}$$

Čia ir galime baigti skaičiavimus, kadangi jau matome, kad lėktuvai sunaudoja tą patį kuro kiekį, kaip ir darbalapyje 2. Šiuo atveju, skrendant lėčiau, **kuras nėra sutaupomas.**

- **Darbalapis 3b, užduotis a**

$$4537/100 \cdot 5.5 = \mathbf{249.5 \text{ kg.}}$$

- **Darbalapis 3b, užduotis b**

$$5424/100 \cdot 5.5 = \mathbf{298.3 \text{ kg.}}$$

- **Darbalapis 3b, užduotis c**

Kuro sunaudojimas **lėktuvo** vienam keleiviui:

$$16260/189 \approx \mathbf{86 \text{ kg/keleiviui.}}$$

Kuro sunaudojimas **automobilio** vienam keleiviui:

$$298.3/4 \approx \mathbf{75 \text{ kg/keleiviui.}}$$