

Enne lahendama asumist soovitame Sul kogu tööga lühidalt tutvuda, et saaksid oma tegevusi mõistlikult kavandada. Ülesannete lahendamise järjekord ei ole oluline. Püüa vastused vormistada võimalikult selgelt ja korrektselt. Valikvastuste puhul jälgi, et Su valikud oleksid märgitud arusaadavalt!

- Arvutusülesannetes esita kindlasti ka lahenduskäik, muidu Sinu vastust ei arvestata!
- Valikvastusteliste ülesannete hindamisel arvestame õigete ja valede valikute osakaalu!

Ülesanne 1: Marsireis ja olud Marsil (24,5 p)

Mehitatud reis Marsile on olnud juba aastakümneid inimkonna ja kosmoseagentuuride üheks suurimaks unistuseks. Samas on selline reis suur väljakutse nii seda ette valmistavatele teadlastele ja inseneridele kui ka astronautidele. Järgnevad ülesanded käsitlevad probleeme, millega Marsireisi kavandajad peavad arvestama.

1.1. Too kaks praktilist loodusteadustega seotud põhjust, miks võiksid kosmoseagentuurid ja/või astronautid olla huvitatud sellest, et mehitatud Marsilennu sõiduaeg oleks võimalikult lühike! (2 p)

1. *Vajadus väiksema hulga kaasavõetavate toidu- jm varude järele (vaja vähem kütust startimiseks, kiirendamiseks ja pidurdamiseks).*
2. *Lühem aeg, mil astronautide keharakke mõjutab kahjulik kosmiline kiirgus.*
3. *Väiksem risk sattuda lennu ajal astronaute ja tehnikat ohustava päikesetormi kätte.*
4. *Väiksem risk, et lennu ajal juhtub ohtlik tehniline rike, mõne astronauti terviserike, kokkupõrge kosmoseprügiga vm õnnetus.*
5. *Lühem aeg, mil astronautid on organismi jaoks raskesti talutavas kaaluta olekus.*

1.2. Millised loetletud asjaoludest määravad peamiselt ära Marsilaeva Maalt Marsile jõudmiseks kuluva aja? Tähista kõik sobivad valikud ringiga! (Need võivad ka sisuliselt kattuda.) (2,5 p)

- a) Marsilaeva startimise aasta ja kuupäev.
- b) Marsilaeva mootori ja selles kasutatava kütuse omadused.
- c) Avakosmoses liikuva Marsilaeva voolujoonelisus.
- d) Marsi ja Maa asukohad orbiitidel Marsilaeva lennu vältel.
- e) Marsilaeva lennutrajektoori valik.

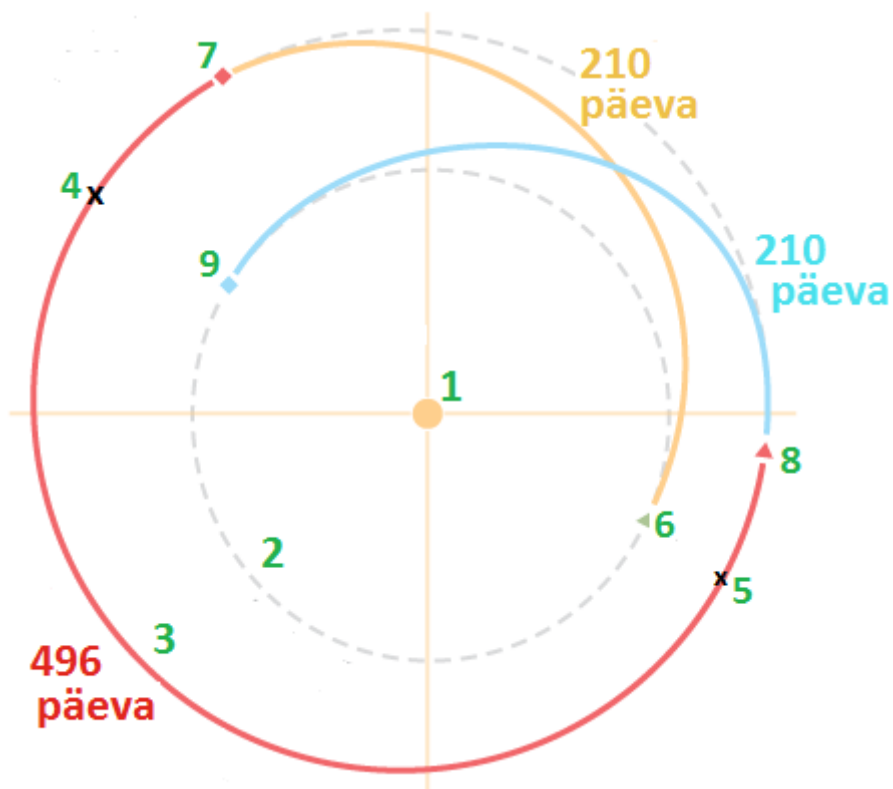
1.3. Inimene on kohastunud Maal valitsevate füüsikaliste tingimustega, muuhulgas kindla raskusjõu ja õhurõhuga. Kosmoselaevas saab luua kunstliku siserõhu, aga kaaluta olek on suur probleem. Maa tingimustes peavad meie erinevad lihased pidevalt töötama, et raskusjõu mõjule vastu seistes kehaasendit säilitada. Ka inimese luustik on kohastunud kindla koormusega, mis tagab selle normaalse uuenemise, sh kaltsiumi ainevahetuse. Lisaks tõmbab raskusjõud meie kehavedelikke keha alaossa - selle mõju tasakaalustamiseks on inimkehas välja arenenud teatud süsteemid, mis jätkavad toimimist ka kaaluta olekus, kui neid tegelikult vaja ei oleks. Seetõttu on kosmosereis inimkehale tõsine väljakutse ja kosmoseagentuurid peavad rakendama abinõusid, et kahjulikke mõjusid ennetada või leevendada.

Nimeta kolm muutust, mis toimuvad inimkehaga Marsile reisides (kaaluta oleku tingimustes! (3 p)

- 1. Kehapikkus suureneb (kuni 5 cm, lülisamba pikenemise arvel).*
- 2. Kehavedelik liigub osaliselt keha alaosast ülaossa - jalad kõhetuvad, pea ja rindkere tursuvad.*
- 3. Lihased muutuvad nõrgemaks (lihasmass väheneb).*
- 4. Luud nõrgenevad, luudest viiakse kaltsium verre, tekib luude hõrenemine (osteoporoos).*
- 5. Verre viidud kaltsium suurendab neerukivide jm häirete tekkimise ohtu.*
- 6. Nägemine halveneb seoses koljusisese rõhu tõusuga (surve silmamunadele ja nägemisnärvile).*

1.4. Ajakirjas *National Geographic* aastal 2016 avaldatud skeemil on kujutatud tõenäolist viisi, kuidas loodetavasti 2030. aastatel võiks toimuda esimene mehitatud reis Marsile (koos edasi-tagasilennu ja Marsil viibimise aegadega). Lennuks valitakse ellipsikujuline nn Hohmanni trajekt (õigemini üks selle variantidest), mida teadlased hindavad mõistlikuks kompromissiks sõiduaja ja kütusekulu vahel. Marsilaev tõuseb Marsi orbiidile samal ajal, kui Marss sellesse punkti saabub. Sellise reisi eelduseks on manöövrivõime täpne ajastamine. Kosmoselaeva teekonda tähistavad pidevjooned, planeedid kulgevad orbiitidel vastupäeva.

Märgi joonisele õigetes kohtadesse all toodud objektidele ja asukohtadele vastavad numbrid 1...9! (4,5 p)



Allikas: <http://www.nationalgeographic.com/magazine/2016/11/spacex-elon-musk-exploring-mars-planets-space-science/>

- 1 - Päike
- 2 - Maa orbiit
- 3 - Marsi orbiit
- 4 - Marsi orbiidi Päikesest kaugeim punkt ehk afeel
- 5 - Marsi orbiidi Päikesele lähim punkt ehk periheel
- 6 - Maa asukoht laeva Maalt startimise hetkel
- 7 - Marsi asukoht hetkel, kui laev sinna saabub
- 8 - Marsi asukoht hetkel, kui laev sealt lahkub
- 9 - Maa asukoht laeva Maale tagasijõudmise hetkel

1.5. Järgnevas tabelis on valik fakte Marsil valitsevate keskkonnatingimuste kohta. Tabeli all on loetletud neist faktidest tulenevad järeldused inimtegevuse kohta Marsil. Osa neist järeldustest on sisult vigased ja vajavad parandamist. Igale järeldusele vastab vähemalt üks fakt. (12,5 p)

- Leia **Tabelis 1.2** olevate väidete hulgast 6 vigast väidet. **Tõmba neis vale sõna maha ja asenda see paranduse veerus õige(te) sõna(de)ga!**
- **Märgi Tabelisse 1.1 iga fakti juurde sellega seotud järelduse või järelduste täht (tähed) Tabelist 1.2!** Püüa ära kasutada kõik tähed (A...M)!

Tabel 1.1. Faktid Marsi kohta	Järeldus
1. Marsi atmosfäär on Maaga võrreldes väga hõre ja õhuke.	D, I
2. Üle 95% Marsi atmosfäärist moodustab süsinikdioksiid.	B, C
3. Marsi pinnatemperatuuri ööpäevane erinevus on väga suur, ulatudes ekvaatori lähedal +20...-70 kraadini Celsiuse järgi.	E
4. Marsil valdavalt puudub vedel vesi, aga pooluste ümbrusest on leitud suurtes kogustes veejää.	G
5. Marsil on atmosfääri poolt planeedi pinnale avaldatav õhurõhk üle 100 korra väiksem kui Maal.	I
6. Marsi aasta kestab ligi kaks korda kauem kui Maa aasta.	K (H, L)
7. Marsi pinnal on gravitatsioon ehk kehadele mõjuv raskusjõud ehk planeedi külgetõmbejõud veidi üle $\frac{1}{3}$ Maa omast.	J, M
8. Marss on järjekorras 4. planeet Päikesesüsteemis (esimesed kolm on Merkuur, Veenus ja Maa).	H, L
9. Marsil esineb võimsaid tolmutorme, mis võivad vahel kuni mitmeks kuuks enda alla haarata terve planeedi.	F
10. Marsil puudub magnetväli.	A

Tabel 1.2. Järeldused Marsiga seotud inimtegevuse kohta		Parandus (kui vaja)
A	Marsil elades mõjutaks Sind oluliselt nõrgem kosmiline kiirus kui Maal.	<i>tugevam</i>
B	Võimalikku taimekasvatust Marsil takistab taimedele pimedal ajal olulise gaasilise aine vähesus õhus.	
C	Marsil matkates saaks kõigi süsinikuühenditel põhinevate kütuste abil hõlpsasti lõket teha.	<i>ei saaks</i>
D	Kõige võimsamad Marsi tormid on ehitistele sama ohtlikud kui Maa tormid.	<i>vähem</i>
E	Marsil välitingimustes kasutamiseks tuleb valida külmakindlaid materjale, mis taluvad sagedast kiirelt soojuspaisumist.	
F	Päikeseenergia tootmist Marsil häirib vahel üks omapärane mõju, mis nõuab päikesepaneelide täiendavat hooldamist.	
G	Marsibaasi veevarude tagamiseks on vajalik vee transportimine Maalt.	<i>ei ole</i>
H	Marsile rajatud kasvuhoone saab pinnaühiku kohta vähem päikesekiirgust kui samal laiuskraadil olev kasvuhoone Maal.	
I	Marsil ei saa vabas õhus viibides kastrulis muna keeta.	
J	Marsi pinnal oleks inimese maksimaalne kõrgushüppe tulemus tunduvalt nõrgem kui Maal viibides.	<i>parem</i>
K	Taimekasvatust Marsi ekvaatorist kaugematel aladel raskendavad eriti pikad vähese päikesevalgusega perioodid.	
L	Marsi taevas tunduks seniidis olev Päike meile suurem kui Maa taevas.	<i>väiksem</i>
M	Marsil elavaid inimesi ohustab luude ja lihaste ning südame nõrgenemine vähese koormuse tõttu.	

Ülesanne 2: Maandumine Marsil (16 p)

2.1. Maa ja Marsi võrdlus

Märgi, kas toodud väited kehtivad Maa, Marsi või mõlema planeedi kohta! (4 p)

	Marss	Maa
Atmosfääris on 78% lämmastikku		X
Planeedi läbimõõt on 6792 km	X	
Orbiidi keskmine kaugus Päikesest on 150 000 000 km		X
Raskuskiirendus planeedi pinnal on $3,71 \text{ m s}^{-2}$	X	
Planeedi raadius on 6371 km		X
Atmosfääris on 96% süsihappegaasi	X	
Keskmine atmosfääri rõhk planeedi pinnal on 101.325 kPa (1 atmosfäär)		X
Planeedil on olemas vähemalt üks kaaslane	X	X

2.2. Maandumine Marsil

NASA kosmoselaev Mars Science Laboratory toimetab 2012. a Marsi pinnale marsikulguri Curiosity. Kulguri maandamiseks kasutati „taevakraana“, mis toimetab kulguri Marsi pinnale. Maandumine toimus mitmes etapis: „taevakraana“ sisenes Marsi atmosfääri kiirusega 5900 m/s. Hõõrdumise tõttu aparaat kuuenes ja pidurdus kiiruseni 405 m/s, millele järgnes pidurdamine langevarju abil. Seejärel lülitati sisse rakettmootorid ja maandumisaparaat hakkas vertikaalselt laskuma. Ühtlane pidurdamine reaktiivjõu abil 80 sekundi jooksul vähendas vertikaalse kiiruse nullini, mille juures „taevakraana“ vabastas kulguri, „poetas“ selle Marsi pinnale ning lendas ise ära

Selles ülesandes keskendume maandumise viimasele etapile, kui toimus vertikaalne pidurdamine rakettmootorite abil. Rakettmootorid tekitavad reaktiivjõu, mis on võrdeline kütusegaaside düüsidest väljumise kiirusega $v_{\text{kütus}}$ ja ajaühikus kulunud kütuse massiga ($\Delta m_{\text{kütus}}/\Delta t$). Reaktiivjõu toime muutub vertikaalne kiirus ühtlaselt vastavalt valemile:

$v_t = v_0 + a$, kus a on kiirendus ehk kiiruse muutus ajaühikus.

Pidurdamise algul oli „taevakraana“ kiiruse vertikaalne (Marsile suunatud) komponent $V_0 = 38 \text{ m/s}$ ja lõppkiiruse vertikaalne komponent $v_t = 0 \text{ m/s}$. Maandumissüsteemi (taevakraana + kütus + kulgur) kogumass oli $M = 2500 \text{ kg}$ ning gaasid väljusid düüsidest kiirusega $v_{\text{kütus}} = 1500 \text{ m/s}$. (Maandumissüsteemi massi muutumise kütuse ärakasutamise tõttu võib jätta arvestamata).

2.2.1. Avalda valemiga ja näita joonisel, millised jõud mõjuvad maandumissüsteemile vertikaalsel pidurdamisel! (2 p)

Ühtlaselt muutuva kiirusega liikumisel on alg- ja lõppkiirus seotud valemiga:

$$v_t = v_0 + at$$

Pidurdamisel on vertikaalne lõppkiirus 0, seega, seega kiirendus (e. kiiruse muutumise kiirus) a avaldub valemiga

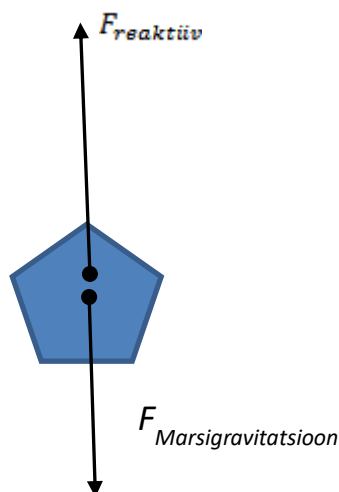
$$a = -\frac{v_0}{t}$$

Newtoni 2. seaduse põhjal liigub keha massiga m ühtlase kiirendusega a , kui talle mõjub konstantne jõud F :

$$F = ma$$

Vertikaalsel pidurdamisel mõjuvad maandumissüsteemile Marsi poole suunatud Marsi raskusjõud ja üles suunatud reaktiivjõud, mis tekib rakettmootori gaaside väljavoolamisest.

$$F = F_{\text{Marsigravitatsioon}} - F_{\text{reaktiiv}}$$



2.2.2. Avalda valemiga ja arvuta kütusekulu ajaühikus ($\Delta m_{\text{kütus}}/\Delta t$) ühtlase pidurdamise jooksul! (7 p)

Maandumissüsteemile mõjuvad jõud avalduvad järgmiselt:

$$F_{\text{Marsigravitatsioon}} = M g_{\text{Marss}}$$

ja

$$F_{\text{reaktiiv}} = \frac{\Delta m_{\text{kütus}}}{\Delta t} v_{\text{kütus}}$$

Nende jõudude mõjul liigub maandumissüsteem ühtlase kiirendusega. Asendades jõudude avaldised Newtoni 2. seaduses, saame seose

$$M \left(-\frac{v_0}{t} \right) = M g_{\text{Marss}} - \frac{\Delta m_{\text{kütus}}}{\Delta t} v_{\text{kütus}} \quad (2)$$

millest saame avaldada kütusekulu vähenemise sekundis:

$$\frac{\Delta m_{\text{kütus}}}{\Delta t} = \frac{M}{v_{\text{kütus}}} \left(-\frac{v_0}{t} - g_{\text{Marss}} \right) = \frac{2500}{1500} \left(-\frac{38}{80} - 3,71 \right) \approx -6,98 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

2.2.3. Arvuta kogu kütusekulu 80-sekundilise vertikaalse pidurdamise jooksul! (1 p)

Pidurdusaja jooksul kulus kütust kokku,

$$\Delta m_{\text{kütus}} = 80 * 6,98 = 558,0 \text{ kg}$$

2.3. Lihtsustuse mõju hindamine

Arvutused on tehtud eeldusel, et pidurdamisel kulutatud kütus ei muuda oluliselt kogu maandumissüsteemi massi. **Hinda oma vastuse põhjal, kas see eeldus oli õigustatud või ei!**

Eeldus ei olnud õigustatud

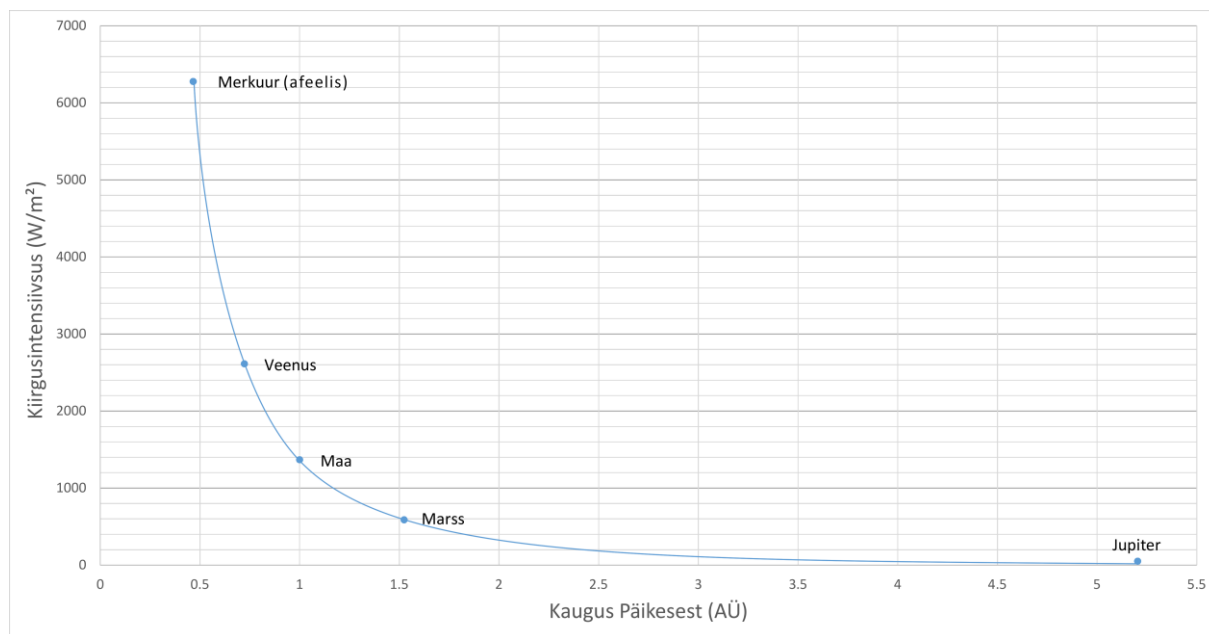
Põhjenda oma vastust! (2 p)

Pidurdamisel kulutatud kütuse arvelt vähenes maandumissüsteemi mass 558 kg võrra, mis moodustab rohkem kui veerandi maandumissüsteemi kogumassist.

Ülesanne 3: Päikesepaneelid Marsil (17,5 p)

Marsil on vaja toota palju energiat, et võimaldada inimestel seda püsivalt asustada. Kõige kestlikum energiaallikas on Päike. Seetõttu näeb enamik Marsi-missioone ette päikesepaneelide kasutamist. Päikesepaneel koosneb päikeseelementidest, mis muundavad Päikeselt pärineva valgusenergia seadmetele tarbitavaks elektrienergiaks.

Kuna Marss asub Päikesest oluliselt kaugemal kui Maa, jõuab sinna vähem päikeseenergiat. Päikese kiirgusintensiivsus on pinnale langeva valguskiirguse võimsus pinnaühiku kohta (vatti ruutmeetri kohta). Päikese kiirgusintensiivsus kahaneb ruutsõltuvalt planeedi kaugusest, nagu kujutab **joonis 1**.



Joonis 1. Päikese kiirgusintensiivsus planeedi atmosfääri ülapinnal sõltuvalt planeedi kaugusest Päikesest. Kaugused on antud astronoomilistes ühikutes (AÜ). 1 AÜ võrdub 150 000 000 km. (Merkuur on kujutatud afeelis ehk oma orbiidi kaugeimas punktis Päikesest.)

3.1. Mitu korda on kiirgusintensiivsus Marsi atmosfääri ülapinnal väiksem Päikese kiirgusintensiivsusest Maa atmosfääri ülapinnal? (1,5 p)

Kiirgus Maa atmosfääri ülapinnal on $1370 \pm 50 \left(\frac{W}{m^2} \right)$, Marsi atmosfääri ülapinnal $590 \pm 50 \left(\frac{W}{m^2} \right)$.

Väga viletsa paljunduskvaliteedi tõttu loeti mõnes piirkonnas õigeks tulemused ka väljaspool etteantud vahemikku.

$$\frac{1370 \frac{W}{m^2}}{590 \frac{W}{m^2}} = 2,3$$

korda on kiirgusintensiivsus Marsi atmosfääri ülapinnal väiksem kui Maa atmosfääri ülapinnal.

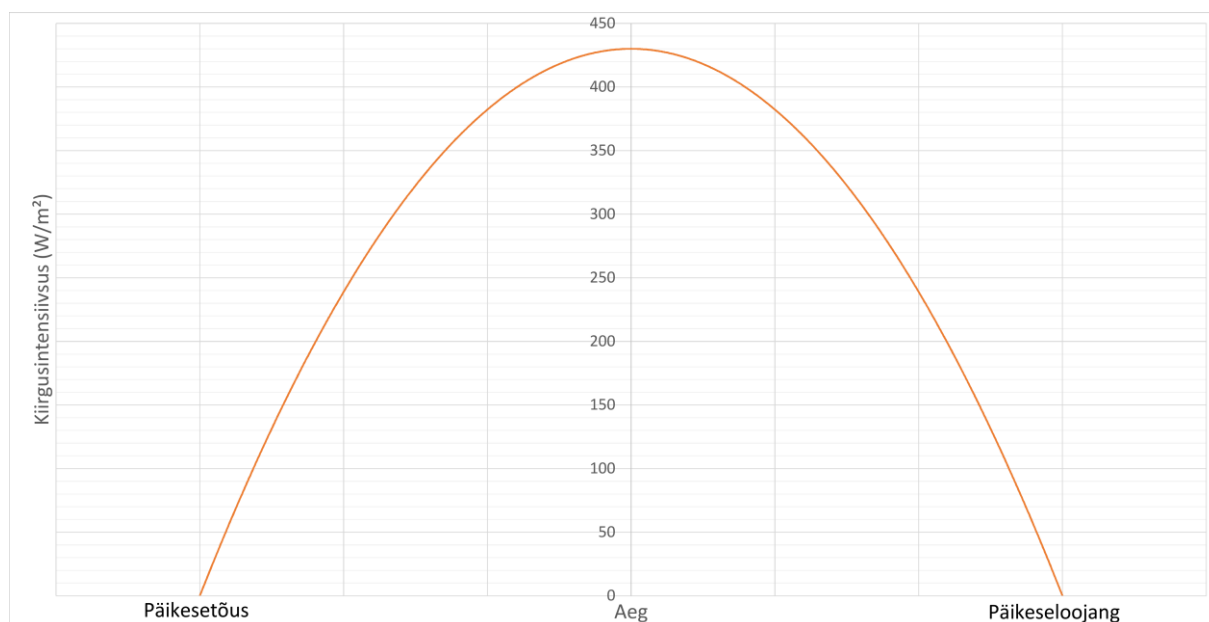
3.2. Maa atmosfäär neelab osa päikese kiirgusest. Maapinnani jõuab suvisel ajal päikeselise ilmaga ekvaatorilähedastel laiuskraadidel keskpäeval $950 \frac{W}{m^2}$. **Kui suur (%-des) on Maa atmosfääri põhjustatud kiirguskadu?** (1 p)

$$\frac{950 \frac{W}{m^2}}{1370 \frac{W}{m^2}} \times 100\% = 69\%$$

Maa pinnani jõuab

. Kiirguskadu on $100\% - 69\% = 31\%$.

3.3. Marsi atmosfääri rõhk on planeedi pinna kõrgusel umbes 0,6% Maa atmosfääri rõhust. Seega võiks arvata, et Marsil on atmosfääri põhjustatud kiirguskadu väiksem kui Maal. Marsil on aga atmosfääris palju tolmuosakesi, mis planeedi pinnani jõudvat kiirgust vähendavad. Joonis 2 näitab, kui suur on Marsi pinnale jõudva valguse kiirgusintensiivsus päikeselise ilmaga suvisel ajal ekvaatorilähedastel laiuskraadidel. **Kui suur (%-des) on Marsi atmosfääri põhjustatud kiirguskadu keskpäeval?** (1,5 p)



Joonis 2. Päikese kiirgusintensiivsus Marsi pinnal päeva jooksul.

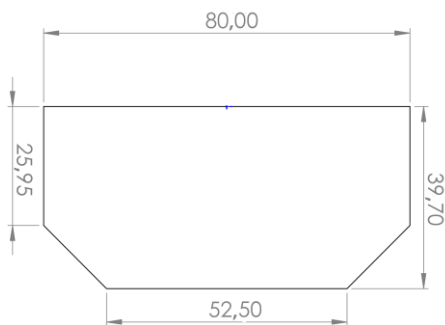
Marsi pinnani jõudva valguse kiirgusintensiivsus on $430 \pm 5 (\frac{W}{m^2})$. Halva paljunduskvaliteedi tõttu loeti mõnes piirkonnas õigeks ka tulemused väljaspool seda vahemikku. Marsi pinnani

$$\frac{430 \frac{W}{m^2}}{590 \frac{W}{m^2}} \times 100\% = 73\%$$

jõuab

. Kiirguskadu on $100\% - 73\% = 27\%$.

3.4. Päikeseelemendi mõõtmed (mm) pealtvaates on toodud **joonisel 3**. Arvuta ühe elemendi pindala! (2,5 p)



Joonis 3. Päikeseelemendi mõõtmed (mm).

Ristküliku (külgedega 80,00 mm ja 25,95 mm) pindala on $80,00 \times 25,95 = 2076(mm^2)$.

Trapetsi (alustega 80,00 mm ja 52,50 mm, kõrgusega 39,70 mm – 25,95 mm) pindala on $\frac{80,00 + 52,50}{2} (39,70 - 25,95) = 910,9(mm^2)$. Päikeseelemendi kogupindala on $2076 + 910,9 = 2987(mm^2)$.

3.5. Päikesepaneel on erinevat tüüpi. Kosmose tehnoloogias kasutatakse tavaliselt Ga-As Triple Junction päikesepaneel, mille kasutegur on 30% – see tähendab, et 30% pealelangevast päikese kiirgusest muundatakse elektrienergiaks. Inverter ehk vaheldi muundab päikesepaneelides toodetud alalisvoolu vahelduvvooluks, mida elektriseadmed saavad kasutada. Muundamiskasutegur inverteris on 95%. **Mitut päikeselementi on vaja, et puurida Marsil keskpäeval mineraale, kui elektripuuri võimsus on 2 kW?**

Lihtsustuseks eelda, et päikeseelementidest koosnev päikesepaneel toodab energiat ühtlaselt ehk ajas muutumatult. (4 p)

2 kW = 2000 W

Päikeseelementidele peab langema valgus koguvõimsusega $\frac{2000W}{0,95 \times 0,30} = 7018W$. Kuna

Marsi pinnale jõuab $430 \frac{W}{m^2}$, siis peavad paneelid katma pindala ulatusega

$$\frac{7018W}{430 \frac{W}{m^2}} = 16,32m^2$$

. Ühe päikeseelemendi pindala on $2987mm^2 = 0,002987m^2$.

Päikeseelemente on seega vaja $\frac{16,32m^2}{0,002987m^2} = 5464 \approx 5500$.

3.6. Maal kasutatakse tavaliselt odavamaid ränist valmistatud päikesepaneele, mille kasutegur on umbes 19%. **Mitut päikeseelementi oleks Maal vaja sama puuri kasutamiseks keskpäeval?** (3 p)

Päikeseelementidele peab langema valgus koguvõimsusega $\frac{2000W}{0,95 \times 0,19} = 11080W$. Kuna

Maa pinnale jõuab $950 \frac{W}{m^2}$, siis peavad paneelid katma pindala ulatusega

$$\frac{11080W}{950 \frac{W}{m^2}} = 11,66m^2$$

. Päikeseelemente on seega vaja $\frac{11,66m^2}{0,002987m^2} = 3904 \approx 3900$.

3.7. Nimeta kaks viisi, kuidas Marsi (atmosfääri) tolmu võib päikesepaneelide kasutamist raskendada. Põhjenda! (4 p)

- 1) Marsil võivad tekkida nädalate ja kuude pikkused tolmutormid, mis varjavad täielikult Päikese, nii et päikesepaneelidega ei saa elektrit toota.*
- 2) Tolm langeb paneelidele ja see vähendab paneelide kasutegurit, mistõttu saab vähem elektrit toota, kui paneele pidevalt ei puhastata.*
- 3) Marsi tolmu on väga peenike, nii võib tolmu päikesepaneelide osade vahele sattudes kergesti kinni jääda nii mehaaniliselt kui elektrostaatiliselt ning paneele kahjustada.*
- 4) Tolmu võib ka kraapida päikesepaneeli katteklaasi ja peegeldusvastast katet ning sel moel kasutegurit vähendada.*

Ülesanne 4: Vesi ja hapnik Marsil (47,25 p)

2015. aasta filmis „Marslane“ („*The Martian*“) jäi astronaut ja botaanik Mark Watney õnnetu juhuse tõttu üksinda Marsi pinnale, kui tema kaaslasted lahkusid evakuatsiooni käigus planeedilt. Tema õnneks jäi evakuatsioonist maha enamik eluks vajalikku varustust, sealhulgas kõrgtehnoloogiline marsimaja, mille sees olevad tingimused olid sarnased Maa atmosfäärile. Marsimaja oli varustatud seadmetega, mis suutsid koguda ja puhastada inimtegevuse käigus eralduvat vett ning regenereerida (taastoota) süsihappegaasist hapnikku.

4.1. Milliste protsesside käigus väljub inimese kehast vett? **Nimeta 3 sellist protsessi!** (1,5 p)

Higistamine, hingamine, urineerimine, verejooks jt.

4.2. Märgi loetletud gaaside taha, kas nende sisaldus on suurem sissehingatavas (S) või väljahingatavas (V) õhus või püsib praktiliselt muutumatuna (M)? (2 p)

Hapnik	S
Süsihappegaas	V

Veeaur	V
Lämmastik	M

Hapniku regenereerimiseks ehk taastootmiseks suletud keskkondades (nt allvee- ja kosmoselaevad) kasutatakse üldjuhul liitiumperoksiidi (Li_2O_2) või kaaliumsuperoksiidi (KO_2). Nende reageerimisel süsihappegaasiga tekivad vastavalt liitium- või kaaliumkarbonaat ning hapnik.

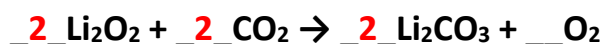
Kui tavapärastelt on hapniku oksüdatsiooniaste keemilistes ühendites -2, siis peroksiidide ja superoksiidide korral see nii ei ole.

4.3. Määra Li_2O_2 -s ja KO_2 -s keemiliste elementide oksüdatsiooniastmed. Vihje: Li ja K maksimaalne oksüdatsiooniaste on +1. (2 p)

Liitiumperoksiidis Li +1 ja O -1. Kaaliumsuperoksiidis K +1 ja O -0,5

4.4. Tasakaalusta reaktsioonivõrrandid, mis toimuvad: (2 p)

a.) liitiumperoksiidi ja süsihappegaasi vahel



b.) kaaliumsuperoksiidi ja süsihappegaasi vahel



4.5. Inimese poolt väljahingatav õhk sisaldab ruumalalt umbes 4% süsihappegaasi. **Arvestades, et Mark Watney poolt ühe hingetõmbega väljutatav õhu ruumala on 0,5 liitrit ja ta hingab keskmiselt 15 korda minutis, arvuta:**

4.5.1. Ööpäeva jooksul välja hingatud süsihappegaasi ruumala. (2 p)

$$V(\text{CO}_2) = 24 \text{ (h)} * 60 \text{ (min/h)} * 15 \text{ (1/min)} * 0,5 \text{ (L)} * 4\% / 100\% = \underline{432 \text{ L}}$$

4.5.2. Mitu grammi liitiumperoksiidi või kaaliumsuperoksiidi on tarvis, et ära reageeriks kogu ööpäeva jooksul väljahingatud süsihappegaas? Millist ainet kuluks massi järgi vähem? Gaaside molaarruumala marsimaja tingimustes on 24,5 l/mol. (7,5 p)

$$n(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2) / V_m = 432 \text{ (L)} / 24,5 \text{ (L/mol)} = 17,63 \text{ mol}$$

$$n(\text{Li}_2\text{O}_2) = n(\text{CO}_2) = 17,63 \text{ mol}$$

$$n(\text{KO}_2) = 2 * n(\text{CO}_2) = 35,26 \text{ mol}$$

$$m(\text{Li}_2\text{O}_2) = n(\text{Li}_2\text{O}_2) * M(\text{Li}_2\text{O}_2) = 17,63 \text{ (mol)} * 46 \text{ (g/mol)} = \underline{811 \text{ g}}$$

$$m(\text{KO}_2) = n(\text{KO}_2) * M(\text{KO}_2) = 35,26 \text{ (mol)} * 71 \text{ (g/mol)} = \underline{2503 \text{ g}}$$

Seega kuluks liitiumperoksiidi oluliselt vähem.

4.6. Kumba ainet pikaajaliselt kasutades hapniku sisaldus õhus väheneks? Kumba ainet kasutades hapnikusisaldus suureneks? Mida tuleks teha, et hapniku sisaldus õhus ei muutuks? Eelda, et kogu süsihappegaas tekib hingamisest ja sissehingamisel tarbitakse ära sama ruumala hapnikku, kui väljutatakse süsihappegaasi. Vihje: lahenduse leidmiseks analüüsi reaktsioonivõrrandite kordajaid. (3 p)

Liitiumperoksiidiga väheneb, kaaliumsuperoksiidiga suureneb. Hapniku kontsentratsioonimuutuse vältimiseks tuleks kasutada liitiumperoksiidi ja kaaliumsuperoksiidi segu (molaarsuhtes 1:1).

4.7. Millised võivad olla tõenäolised põhjused, miks filmis „Marslane“ ei kasutatud hapniku regenereerimist metallide peroksiidide ja superoksiidide abil? Tähista tõesed põhjused tabelis: „+“ ja mittetõesed: „-“ (1,5 p)

Vajaminevate peroksiidide ja superoksiidide suur mass.	+
Peroksiidid ja superoksiidid võivad reageerida ka väärtusliku veega.	+
Peroksiidide ja superoksiidide kasutamisel võib tekkida tervisele ohtlikku osooni (O ₃).	-

Filmis „Marslane“ kasutati süsihappegaasi eemaldamiseks ja hapniku regenereerimiseks hoopis oksügenaatorit, mille tööpõhimõte seisneb süsihappegaasi kõrgetemperatuurilisel katalüütilisel lõhustamisel hapnikuks ja süsinikmonooksiidiks ehk vingugaasiks. Süsinikmonooksiid eraldatakse hapnikust ja paisatakse Marsi atmosfääri ning hapnik tagastatakse marsimajja. Täiendav süsihappegaas piisava koguse hapniku sünteesiks võetakse seejuures Marsi atmosfäärist.

4.8. Kirjuta ja tasakaalusta süsihappegaasi katalüütilise lagunemise võrrand! (2 p)



4.9. Miks eraldatakse süsinikmonooksiid hapnikust ja juhitakse Marsi atmosfääri, mitte tagasi marsimajja? (1 p)

Sest süsinikmonooksiid ehk vingugaas on väga mürgine ühend. (Seostub hemoglobiiniga ja takistab seetõttu hapniku transporti organismis)

Mark Watney oli kaasas mõningane toiduvaru, kuid tema arvutuste kohaselt sellest ei piisanud, et päästjate saabumiseni vastu pidada. Kuna Marki toiduvarusse kuulusid ka kartulid, otsustas ta hakata neid marsimajas kasvatama. Et see ettevõtmine õnnestuks, tuli luua marsimajas fotosünteesiks vajalikud tingimused.

4.10. Millised tingimused järgnevast loetelust on kriitilised fotosünteesi toimumiseks taimedes? Tähista need tabelis ristikesega! (1,75 p)

Piisav lämmastiku sisaldus õhus.	
Piisav süsihappegaasi sisaldus õhus.	X
Piisav osooni sisaldus õhus.	
Piisav argooni sisaldus õhus	
Piisav vee olemasolu.	X
Piisav magneesiumi sisaldus taimes.	X
Piisav valguse olemasolu.	X

4.11. Kirjuta fotosünteesi võrrand! Võrrandi lähteaineid ja saadusi võib esitada nii sõnaliselt kui ka valemitega. (2 p)



4.12. Millistes taime organellides toimub fotosüntees? (1 p)

Kloroplastides.

Kõige raskemaks osutus vajaliku vee saamine käepärastest vahenditest. Vee saamise lähteaineks valis Mark toksilise vedeliku hüdrasiini (N_2H_4), mida kasutatakse raketikütusena. Kui hüdrasiini tilgutada spetsiaalse katalüsaatori pinnale, siis laguneb see lihtaineteks ning eraldub soojust. Reaktsioonil tekkinud vesiniku süütamisel õhus tekib vesi ning eraldub samuti palju soojust.

4.13. Millised praktilisi probleeme võib tekkida vee saamisel hüdrasiinist? **Tähista õiged vastused: „+“ ja väärad: „-“** (2 p)

Hüdrasiin võib ebapiisava kaitsevarustuse korral põhjustada mürgistust.	+
Hüdrasiin reageerib reaktsiooni käigus tekkinud vesinikuga ja seetõttu võib tekkida plahvatus	-
Tekkida võib plahvatus, sest vesiniku ja õhu segu on plahvatusohtlik.	+
Katalüsaator reageerib hüdrasiiniga ja saab seetõttu reaktsiooni käigus kiiresti otsa.	-

4.14. Kirjuta kirjeldatud vee saamisel toimuvate reaktsioonide tasakaalustatud võrrandid ning kirjuta kõikide lähteainete juurde, kas need käituvad reaktsioonis oksüdeerijana, redutseerijana või mõlemana korraga? (7 p)

$N_2H_4 \rightarrow N_2 + 2H_2$; N_2H_4 on nii oksüdeerija kui redutseerija.

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$; H_2 on redutseerija, O_2 on oksüdeerija.

4.15. Milline väide iseloomustab katalüsaatorit? **Tõmba õige väite ees olevale tähele ring ümber!** (1 p)

- a) Katalüsaator on aine, mis aeglustab reaktsiooni ning on reaktsiooni lõppedes ära reageerinud.
- b) Katalüsaator on aine, mis kiirendab reaktsiooni ning on reaktsiooni lõppedes ära reageerinud.
- c) Katalüsaator on aine, mis aeglustab reaktsiooni ning mis jääb reaktsiooni lõppedes alles.

d) Katalüsaator on aine, mis kiirendab reaktsiooni ning mis jääb reaktsiooni lõppedes alles.

On teada, et ühe mooli vee saamisel eelpoolkirjeldatud tingimustel vabaneb 311 kJ energiat soojusena. Õhu erisoojus on $1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$, mis tähendab, et 1 kg õhu soojendamiseks ühe kraadi võrra kulub 1 kJ energiat. Marsimajas oleva õhu ruumala on 2000 m^3

4.16. Mitu grammi vett saadakse kui õhutemperatuur marsimajas suureneb ühe kraadi võrra? Eelda, et kogu eralduv soojus kandub marsimaja õhku. Õhu tihedus on $1,2 \text{ g}/\text{dm}^3$. (5 p)

$$1,2 \text{ (g/dm}^3\text{)} = 1,2 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$m(\text{õhk}) = 1,2 \text{ (kg/m}^3\text{)} * 2000 \text{ (m}^3\text{)} = 2400 \text{ kg}$$

$$Q = m(\text{õhk}) * c_p(\text{õhk}) * \Delta T = 2400 \text{ (kg)} * 1 \text{ (kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C))} * 1 \text{ (}^\circ\text{C)} = 2400 \text{ kJ}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = Q/\Delta H_m = 2400 \text{ (kJ)} / 311 \text{ (kJ/mol)} = 7,72 \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n * M = 18 \text{ (g/mol)} * 7,72 \text{ (mol)} = 138,9 \text{ g} \approx \underline{139 \text{ g}}$$

Mark arvutas välja, et kartulite kasvatamiseks on tal vaja 100 liitrit vett – aurustunud vee suudab marsimaja regenereerida ja seda saab uuesti kasutada.

4.17. Kui valmistada 100 liitrit vett korraga, siis mitme kraadi võrra tõuseks marsimajas oleva õhu temperatuur? Lihtsustusena eelda, et soojusvahetust väliskeskkonna ja marsimaja vahel ei toimu ning õhu soojenedes selle tihedus, ruumala ja soojusmahtuvus ei muutu. (2 p)

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ (L)} * 1 \text{ (kg/L)} = 100 \text{ kg} = 100000 \text{ g}$$

$$\Delta T = 100000 \text{ (g)} / 139 \text{ (g/}^\circ\text{C)} = \underline{719 \text{ }^\circ\text{C}}$$

4.18. Kuidas Sina soovitud Markil vett valmistada, lähtudes eelmises ülesandes saadud tulemusest? Tõmba sobiva soovitus ees olevale tähele ring ümber! (1 p)

- a) Valmistada 100 liitrit vett korraga, et vältida korduvat kokkupuudet toksilise hüdrasiiniga.
- b) Valmistada 100 liitrit vett mitme nädala või kuu jooksul, et vältida marsimaja ülekuumenemist.

Ülesanne 5: Loomade ränne looduses (21,5 p)

5.1. Lindude ränne

5.1.1. Nimeta üks põhjus, miks mõned Eestis pesitsevad linnud siit igal aastal ära lendavad!
(1 p)

Talvel ei saa nad hästi toitu kätte; päevad on liiga lühikesed, et jõuda külma öö üleelamiseks piisavalt toituda.

5.1.2. Lindude rände uurimiseks on vaja teada saada mõne konkreetse linu asukoht mitmel eri ajahetkel. Too välja kaks meetodit, mida kasutatakse lindude rännete uurimisel nende rändeteede määramiseks! (2 p)

Rõngastamine, GPS-saatjate ja raadiomärgiste kinnitamine lindudele, radari kasutamine

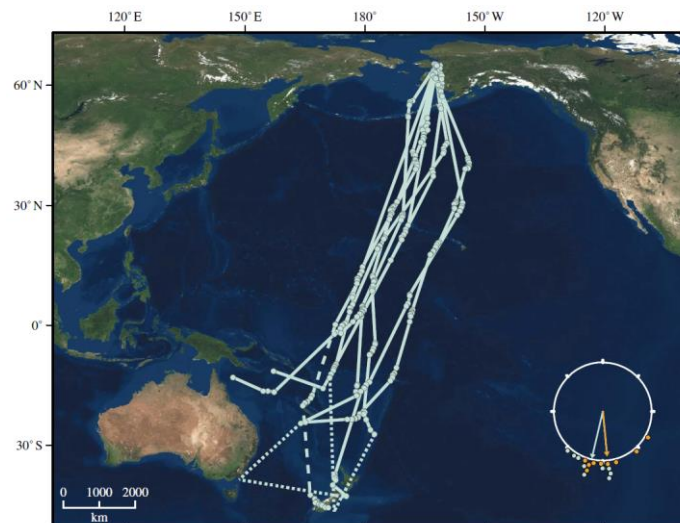
5.1.3. Vastavalt rändeharjumustele saame me Eestis elavad linnud jagada järgnevatesse rühmadesse:

- Paigalinnud – sisuliselt kõik isendid jäävad talveks Eestisse
- Rändlinnud – kõik isendid rändavad talveks minema
- Läbirändajad – peatuvad meil ainult kevadel ja/või sügisel oma rände käigus ning Eestis ei pesitse
- Osarändurid – talveks lendab lõuna poole ainult osa liigi esindajaid
- Talikülalised – linnud, kes elavad ja pesitsevad meist põhja pool, kuid talvel võivad oma osarände käigus sattuda Eestisse

Märgi järgnevas tabelis olevate lindude kohta ristikesega, millisesse rühma vastavad Eestis levinud linnud kuuluvad! (2,5 p)

Linnuliik	Rändlind	Paigalind	Läbirändaja	Osarändur	Talikülaline
Suitsupääsuke	X				
Hallvares				X	
Valge-toonekurg	X				
Siidisaba					X
Valgepõsk-lagle			X		
Puukoristaja		X			
Kägu	X				
Kuldnokk	X				
Harakas		X			
Rasvatihane				X	

5.1.4. Vöotsaba-vigle on rändlind, keda võib läbirännakul kohata ka Eesti rannikualadel. Tegemist on erilise linnuga, kuna nende peatuseta ja toitumiseta ränne on loomariigi pikim. 2007. aastal jälgiti viglede lennuteid pesitsusalalt Alaskal talvituspaika Uus-Meremaal (kujutatud alloleval kaardil). Kauglennu maailmarekordiks mõõdeti ühe emase vigle läbitud 11680 kilomeetrit, milleks kulus tal aega 8,1 päeva.



Joonis: Gill jt., 2008

5.1.4.1. Leia selle vigle keskmine kiirus (km/h) rändeteekonna jooksul! (1,5 p)

$$8,1 \text{ päeva} * 24 \text{ h/päev} = 194,4 \text{ h}$$

$$11680 \text{ km} / 194,4 \text{ h} = 60,1 \text{ km/h}$$

5.1.4.2. Nõnda pikk lend vajab palju energiat ning vigled ei toitu teel olles. On leitud, et rännakule asuva vigle kehamassist võib kuni 55% moodustada energiavaru. **Millises koeliigis hoiustavad linnud rännuks energiat?** (1 p)

Rasvkoes

5.1.4.3. Oletame, et rekordlennu teinud vigle kaalus oma rännutee alguses 620 grammi ja kaotas rände lõpuks oma kehakaalust 47%. **Kui palju energiat (kilokalorites, kcal) lind oma rände jooksul iga päev keskmiselt kulutas?** Lihtsustamise seisukohast oletame, et kaalulangus tuleneb täielikult energiat talletava koe massi arvelt (arvutamisel võta arvesse, et süsivesikud ja valgud annavad 4 kcal, rasvad 9 kcal ning kiudained 2 kcal ühe grammi kohta). (2,5 p)

$$\text{Ära kulutatud rasvkoe mass: } 620 \text{ g} * 47\% / 100\% = 291,4 \text{ g}$$

$$\text{Sellisest kogusest rasvast saab energiat: } 291,4 \text{ g} * 9 \text{ kcal/g} = 2622,6 \text{ kcal}$$

$$\text{Päeva kohta teeb see: } 2622,6 \text{ kcal} / 8,1 \text{ päeva} = 323,8 \text{ kcal/päev}$$

5.1.4.4. Too välja kaks põhjust, miks vigledel on kasulikum lennata peatuseta üle ookeani, selle asemel et näiteks mööda Aasia rannikut liikuda, kus oleks võimalus puhke- ja toitumispeatusi teha (vt. kaarti ülesande alguses)! (2 p)

Kokkuvõttes tuleb nii lühem lennutee ja kuna vigled on pikaks lennuks võimelised, on kasulikum lühemat teed minna. Ookeani kohal on turvaline lennata (puuduvad kiskjad, küttimine, võimalus parasiitidega nakatuda). Ookeani kohal on ka võimsad tuuled, mida vigled ära kasutavad.

5.1.4.5. Nagu mitmed teised rändlinnud, lendavad ka vigled pikki maid kolmnurgakujulistes parvedes:



Foto: Peter Prokosch

Selgita, miks lendavad linnud pikki vahemaid just sellise kujuga parvedes! (1 p)

Nii on kasulikum lennata: tiivaotstes tekivad õhukeerised ja iga järgnev lind hoiab end eelmise keerise tõusva õhuvoolu osas. Nii kulub enda õhus hoidmiseks vähem energiat. Õigeks vastuseks loetakse ka muus sõnastuses energia säästmine.

5.2. Kalade ränne

Sarnaselt lindudele rändavad ka mitmed teised loomad, nende hulgas kalad. Täiskasvanud kalade puhul eristatakse kahte peamist rändetüüpi:

- a) anadroomne – ränne toimub merest jõgedesse (magevette)
- b) katadroomne – ränne toimub mageveest jõgesid pidi merre

5.2.1. Nimeta peamine põhjus, mis tingib kalade rände! (1 p)

Toitumisalalt sobivasse kudemispaika minek.

5.2.2. Too üks näide anadroomse ja üks näide katadroomse rändega kaladest! (2 p)

Anadroomse rändega	<i>Lõhe, meriforell</i>
Katadroomse rändega	<i>angerjas</i>

5.2.3. Üheks rändavaks kalaliigiks on meil Eestiski leiduv angerjas. Vaatamata pingutustele angerja arvukust suurendada, on praegused angerjavarud maailmas hinnanguliselt 1...5% sellest, mis nad olid enne 1980-ndaid aastaid. Nimeta kolm põhjust, miks angerja arvukus on viimastel aastakümnetel langenud! (3 p)

Ülepüük, inimtekkelised takistused rännuteedel (tammid), elupaikade kadu, veekogude saastatus

5.2.4. Kalade rändeteedel tuleb ette mitmeid inimtekkelisi takistusi. **Milliste võtetega on võimalik nende mõju kalade rände vähendada?** Nimeta kaks. (2 p)

Kalatreppide, takistustest möödaviivate ojade rajamine, vanade ja ebavajalike tammide lammutamine jms.

Ülesanne 6: Ohtlikud lülijalgsed (34 p)

Lülijalgsed on loomariigi arvukaim hõimkond, kuhu kuulub üle 80% kõigist teadaolevatest loomaliikidest. Nii ei ole üllatav, et nende seas leidub rohkesti liike, kes inimesele probleeme põhjustavad. Lisaks oma elutegevusega tekitatavale vahetule kahjule on lülijalgsed ka mikroobide edasikandjad - nende kaudu levivad paljud ohtlikud haigustekitajad.

6.1. Kirjuta iga lülijalgse pildi alla tema võimalikult täpne nimetus ja põhitoit. Lisa tabelisse iga looma levitatava haiguse nimetus ja haigustekitaja, samuti haiguse kirjeldusele vastav täht tabeli all olevatest loeteludest. (9 p)

				
Nimetus	<i>Võsapuuk</i>	<i>Peatäi</i>	<i>Hallasääsk</i>	<i>Rotikirp</i>
Millest toitub	<i>veri</i>	<i>veri</i>	<i>veri</i>	<i>veri</i>
Levitatav haigus	<i>Entsefaliit, D</i>	<i>Pedikuloos, B</i>	<i>Malaaria, A</i>	<i>Katk, C</i>
Haigustekitaja	<i>viirus</i>	<i>lülijalgne</i>	<i>algloom</i>	<i>bakter</i>

Haigused: pedikuloos, malaaria, entsefaliit, katk

Haigustekitajad: bakter, viirus, algloom, lülijalgne

Haiguste kirjeldused:

A – põhjustab kõrget palavikku, kuuma- ja külmatunde vaheldumist, pea- ja lihasvalusid, kehveresust. Võib lõppeda surmaga. Peamiselt levib troopikas, kuid on esinenud ka Eestis, kus seda teati kui “halltõbe”. Raviks kiniin ja selle preparaadid.

B – levib inimeselt inimesele otsesel kokkupuutel. Põhjustab peasügelust. Eriti levinud lasteaedades ja koolides. Raviks teatud kreemid, aerosoolid jm.

C – nakkub kergesti, olnud Euroopas tuntud kui “must surm”. Põhilised vormid: muhk..., kopsu... ja septilineTunnusteks kõrge palavik, peavalu, külmavärinad. Praegu on üksikuid puhanguid pms arengumaades. Raviks antibiootikumid.

D – Eestis haigestutakse aprillist novembrini. Algul põetakse läbi gripilaadne haigus, hiljem tekib $\frac{1}{3}$ -l nakatunutest tugev peavalu, palavik, areneb välja peaaegu- ja ajukelmepõletik, millele ravi puudub. Enamik haigeid siiski terveneb

6.2. Järgneval pildil on sama liigi esindajad. **Kes?** (0,5 p)



(Võsa)puugid

6.2.1. Millest tuleneb erinevus nende väljanägemises? (1 p)

Parempoolne on end maksimaalselt verd täis imenud

6.3. Verd imevatel sääskedel on hämmastav võime tajuda juba kaugelt inimest ja leida tema kehal koht, kuhu torgata kuueosalised torujad pistmis-imemissuised. California Tehnoloogiainstituudi teadlased (van Breugal jt, 2015) tahtsid teada, kuidas mitut ohtlikku troopikahaigust levitav metsasääsk *Aedes aegypti* oma ohvri tuvastab. Nad lasid näljased sääsed 3D jälgimissüsteemiga varustatud tuuletunnelisse, et uurida, kuidas erinevad keemilised, visuaalsed ja soojussignaalid (stiimulid) nende lendamist mõjutavad. Ilmnes, et esmalt tajub sääsk oma eriliste haistmissuiste abil juba 10...50 m kauguselt CO₂ voogu. See muudab liitsilmadega putuka valvsaks taustast tumedamate objektide suhtes, mida ta märkab 5...15 m kauguselt. ~20 cm kauguselt hakkab ta tajuma objektist eralduvat soojust ja niiskust. Tänapäevaks teatakse, et lisaks aitavad suistes paiknevad lõhnaretseptorid sääsel tuvastada paljusid inimkeha lõhnaga seotud molekule. Nii leiab sääsk maandumiskoha, kus teeb eriliste "maitsmissuistega" kindlaks soodsa paiga vere ammutamiseks.

Arvestades loetud infot ja oma teadmisi, märgi tabelisse, kas järgnevad asjaolud võiksid vähendada (-) või suurendada (+) looduses kogetavat sääseprobleemi. Eelda, et Eesti sääskedel on sarnased kohastumused kui *Aedes aegypti*. (6 p)

	Mõju sääskedele
Tumedate, liibuvate riiete kandmine.	+
Laiguliste jahi- või militaarriiete kandmine metsas käies.	-
Heledate, laiade riiete kandmine.	-
Aktiivne kehaline tegevus looduses.	+
Kõrge palavik.	+
Pikaaegne pesemata olek.	+
Nõrk läänetuul (võrreldes tuulevaikusega), kui viibid Pärnumaal mererannas, kus kitsast rannaribast maa poole jääb soine vösa.	+
Tugev läänetuul samas Pärnumaa mererannas viibides	-
Kemikaalide kasutamine, mis blokeerivad sääse haistmisretseptorid.	-
Lõhnapeibutisega püünise kasutamine.	-
Siseveekogude läheduses peatumine	+
Kaua kestnud sademeteta ilm suvel	-

6.4. Ülemaailmne kliima soojenemine on eriti tõsiselt mõjutamas Arktikat, kus keskmise temperatuuri tõus viimase 40 aasta vältel olnud üle kahe korra kiirem kui Maal tervikuna. See on tulnud kasuks Arktikas väga arvukale pistesääsele *Aedes nigripes* ja temast toituvatele liikidele, aga hakanud teiste seas ohustama põhjapõdra populatsioone. Dartmouthi Arktika uuringute instituudi teadlased leidsid aastal 2015, et õhutemperatuuri 2-kraadine tõus suurendab sääsevastsete valmikuks saamise tõenäosust 53%. Arktika pistesääskedele on omane, et nad kooruvad ühekorraga, moodustades suuri verejanulisi parvesid. Põhjapõtradel puudub tõhus kaitse sääskede vastu. Nii võib täiskasvanud loom suviti tundras toitudes kaotada liitri verd nädalas. See sunnib põhjapõdrakarjasid sääseparvede eest pagema. Olukorda raskendab asjaolu, et sääskede koorumine nihkub soojemate kevadete tõttu järjest varasemaks ning hakkab üha enam kattuma põhjapõtrade poegimishooajaga.

6.4.1. Rakenda oma loodusteaduslikke teadmisi ja loogikat ning moodusta õiged laused, tõmmates igast sõnapaarist maha sobimatu sõna! (7 p)

A. Mida peavad teadlased Arktika eriti kiire kliimamuutuse üheks põhjuseks?

Üleilmse kliimamuutuse tõttu hakkavad lumi ja merejää sulama senisest **varem/hiljem**, mistõttu jõuavad suvega **rohkem/vähem** sulada. Jäävaba maa- ja veepind on **tumedam/heledam** ja **peegeldab/neelab** seetõttu **suurema/väiksema** osa päikesekiirgusest kui jäätunud pind, **kiirendades/aeglustades** nii veelgi keskkonna soojenemist.

B. Kuidas mõjutab Arktika järsk kliimamuutus sealsetes väikestes tundraveekogudes elavate sääsevastsete valmikuks saamise tõenäosust?

Veekogud vabanevad jääst **varem/hiljem** ja soojenevad **kiiremini/ aeglasemalt**, mis **pikendab/lühendab** sääskede vastsetena vees veedetavat aega. Nii on neil **suurem/väiksem** tõenäosus enne koorumist veemardikate saagiks langeda.

C. Kuhu põgenevad põhjapõdrakarjad sääseparvede rünnakute eest?

Põhjapõdrad pagevad **kõrgematele/madalamatele** aladele, kus on **soojem/külmem**, puhuvad **tugevamad/nõrgemad** tuuled ja seetõttu on saadaval **rohkem/vähem** toitu.

6.4.2. Tee kaks põhjendatud oletust, miks on kliima soojenemisest põhjustatud sääskede arvukuse tõus ning sääsehooaja kokkulangemine vasikate sündimisega ohuks põhjapõdra säilimisele! (4 p)

Võimalikke 2 punkti andvaid põhjendusi:

- Rünnakul olevad vastsündinud vasikad ei pruugi suuta pageva karjaga sammu pidada, neid ohustavad rohkem kiskjad, õnnetused vm, mistõttu suureneb nende suremus, mis nõrgestab põhjapõdra populatsiooni.*
- Sääskedest tingitud rohke verekaotus nõrgestab niigi nõrku vastsündinud vasikaid, millest võib tuleneda suurem vastuvõtlikkus haigustele, oht karjast maha jääda, kiskjate ohvriks langeda) - suureneb vasikate suremus.*
- Vastsündinute tõttu väheneb karja liikuvus, mis põhjustab kõigi loomade suuremat kurnamist vereimejate poolt ja kehvemat toitumist, mis suurendab põhjapõtrade suremust, nõrgestades nende populatsiooni.*
- Sääskede eest pagedes ei jää karibuemadele piisavalt aega toitumiseks, mistõttu ei pruugi vasikatele piisavalt piima jätkuda ja suureneb vasikate suremus.*

6.4.3. Oletame, et sääsk suudab põhjapõdralt korraga imeda 0,005 ml verd, aga saab keskmiselt kätte 50% sellest kogusest. Mitu sääske peab sellisel juhul põhjapõdra hammustama, et põhjustada talle 1 l vere kaotus? (2 p)

1 sääsk suudaks imeda: 0,005 ml = 0,000005 l

1 sääsk imeb keskmiselt: 0,000005 l / 2 = 0,0000025 l

x sääske - 1 l

$x = 1 \times 1 / 0,0000025 = 400\ 000$ sääske

6.4.4. Arvesta, et sääsk kulutab põhjapõdra vere imemisele keskmiselt 3 minutit. Mitu sääske peaks sel juhul keskmiselt korraga tema kehal toituma, et põhjustada nädalaga 1 l vere kaotus? Ülesande 6.4.3. vastuse mitteleidmise korral võid siin arvutustes kasutada arvu 25 000 (see ei ole 6.4.3. õige vastus!). (3 p)



Üks võimalik lahendusviis:

Nädalas on $7 \times 24 \times 60 = 10\,080$ minutit.

Kui sääsed imeksid kordamööda 1-kaupa, siis jõuaks nädalaga toituda:

$10\,080 \text{ min} / 3 \text{ min} = 3\,360$ sääske

Et tegelikult oli sääski 400 000, siis pidi keskmiselt korraga imema:

$400\,000 / 3\,360 = 119$ sääske.

6.5. Kas verd imevad emased või isased sääsed? (0,5 p)

Emased

6.5.1. Miks see just neile vajalik on? (1 p)

Valkude ja raua saamiseks, mida emased vajavad munade arenguks.

(Vähemalt 0,5 p annavad kõik vastused, kus on mainitud paljunemist.)