



Eesti loodusteaduste olümpiaad

piirkonnavaor

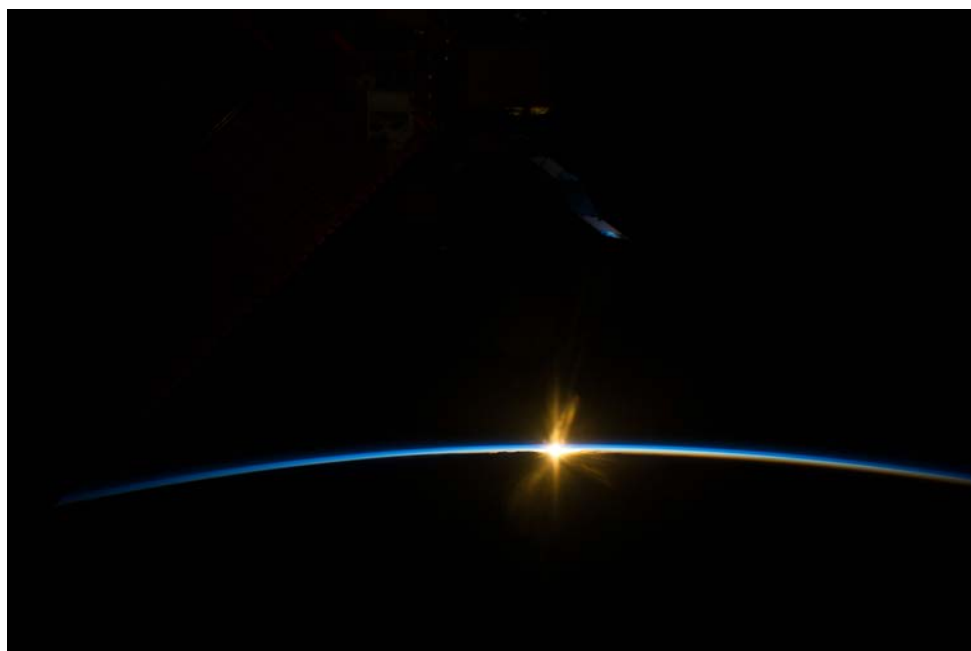
Vastused

Käesolevas dokumendis on kirjas näidislahendused Eesti loodusteaduste olümpiaadi piirkonnavaoru 2022/2023 jaoks.

Lahendused on näidised, ülesannete parandajatel on õigus hinnata ka alternatiivseid sama hästi põhjendatud vastuseid täispunktidega, samuti anda erakordselt heade vastuste korral lisapunkte.

1. Kliima ja kiirgusbilanss (51,5 p)

1.1. Maa atmosfäär ja kasvuhooneefekti mõju kliimale (9,5 p)



Joonis 1: Vaade läbi Maa atmosfääri rahvusvahelisest kosmosejaamast (päikesetõus).

Maa koosneb valdavalt metallidest ja kivimitest, kuid selle pinna kohal on erinevatest gaasidest koosnev atmosfäär, mis meid igapäevaelus ümbritseb. Enne Maa pinnani jõudmist peab Päikeselt tulev valgus kõigepealt atmosfääri läbima. Maa poolt kiiratud soojuskiirgus ja Maa pinnalt peegeldunud valgus peavad aga teel ilmaruumi samuti atmosfääri läbima.

Atmosfäär on väga oluline meid ümbritseva keskkonna osa ja selles ülesandes uurime selle koostist ning mõju.



1.1.1. Vii kokku Maa atmosfääri komponendi keemiline valem selle nime ning osakaaluga. (2 p)

A	O ₂	C	lämmastik	B	0,9%
B	Ar	A	hapnik	C	78,1%
C	N ₂	D	süsinikdioksiid	A	20,9%
D	CO ₂	B	argoon	D	0,04%

Lisaks põhilistele komponentidele leidub Maa atmosfääris väike, kuid kliima seisukohalt oluline hulk kasvuhoonegaase. Kasvuhoonegaasideks nimetatakse neid gaase Maa atmosfääris, mis neelavad olulisel määral Maa poolt kiiratavat pikalainelist soojuskiirgust ning takistavad seega soojuse kadu kosmosesse.

Tabelis 1 on esitatud tähtsamad kasvuhoonegaasid, nende kontsentratsioon atmosfääris ühikutes ppm (kontsentratsioon 1 ppm tähendab, et ühe miljoni molekuli kohta leidub atmosfääris 1 molekul vastavat kasvuhoonegaasi) ja iga kasvuhoonegaasi hinnanguline panus kasvuhooneefekti.

Tabel 1. Kasvuhoonegaaside sisaldus maa atmosfääris ja nende panus kasvuhooneefekti.

Kasvuhoonegaas	Sisaldus Maa atmosfääris (ppm)	Panus kasvuhooneefekti (%)
Süsihappegaas, CO ₂	415	26
Metaan, CH ₄	2	5
Dilämmastikoksiid, N ₂ O	0,33	2
Osoon, O ₃	0,01–0,02	8
Veeaur, H ₂ O	0–30000 (jaotus ebaühtlane)	60

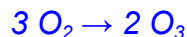
1.1.2. Nimeta kaks looduslikku protsessi, mis paiskavad atmosfääri süsihappegaasi. (1 p)

Hingamisprotsessid, põlemine (nt metsatulekahjud), vulkaanipursked, ... (iga mõistliku vastuse eest 0,5 p, max 1 p).

Osoon tekib Maa atmosfääris looduslikult, kui hapnikumolekulid atmosfääri ülaosas UV-kiirguse toimel omavahel reageerivad.



1.1.3. Kirjuta ja tasakaalusta osooni tekke keemiline reaktsioon. (1 p)



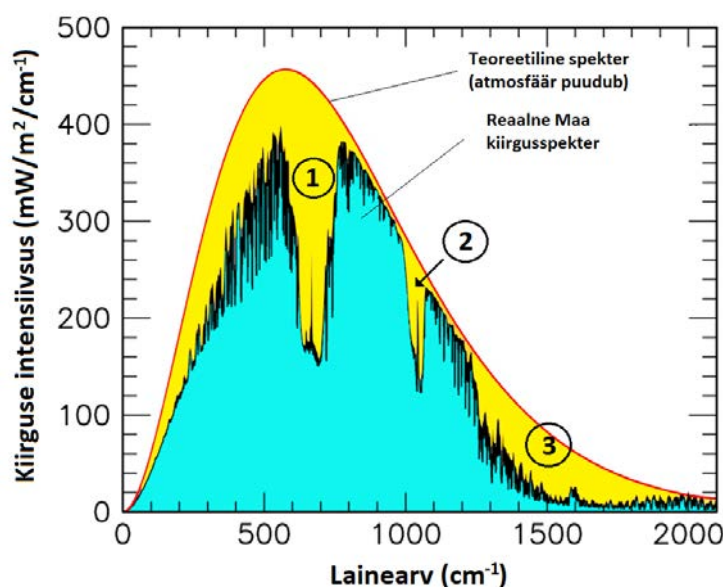
1.1.4. Kui atmosfääris leiduks võrdne hulk süsihappegaasi ja metaani molekule, kumma gaasi panus kasvuhooneefekti oleks suurem? (1 p)

Metaani panus oleks suurem.

1.1.5. Üle poole Maa kasvuhooneefektist põhjustab veeaur, ometi ei räägita globaalse kliima soojenemise kontekstis veeauru heite vähendamisest. Selgita, mille poolest erineb vesi kasvuhoonegaasina kõigist teistest ülal loetletud kasvuhoonegaasidest. (2 p)

Vesi esineb Maal nii vedeliku kui ka gaasina, seega sõltub veeauru kontsentratsioon atmosfääris tugevalt temperatuurist ning muutub väga lühikese aja sees. Ülejäänud kasvuhoonegaasid esinevad ainult gaasina ning jäävad atmosfääri aastakümneteks ja -sadadeks.

Joonisel 2 on kujutatud teoreetiline Maa poolt kiiratava soojuskiirguse spekter, kui Maal puuduks atmosfäär (kollane graafik), ning reaalne kosmosest mõõdetud kiirgusspekter (helesinine graafik). Reaalses kiirgusspektris esinevad "sälgid" on põhjustatud kasvuhoonegaasidest, mis neelavad endale omastel lainepikkustel Maa soojuskiirgust. Iga kasvuhoonegaas neelab kiirgust vaid kindlatel lainepikkustel (tabel 2). Lainepikkuse kirjeldamiseks on siin kasutatud lainearvu, mille ühikuks on cm^{-1} (ehk pöördsentimeeter).



Joonis 2. Maa poolt kiiratav spekter atmosfääriga ja ilma selleta. Allikas: G.A. Schmidt, 2010: Taking the Measure of the Greenhouse Effect. NASA Science Briefs https://www.giss.nasa.gov/research/briefs/2010_schmidt_05/.



1.1.6. Kasutades tabelis 2 toodud andmeid, otsusta, missuguste kasvuhoonegaaside põhjustatud on neeldumispiirkonnad 1, 2 ja 3. (2,5 p)

Piirkond 1: neeldumine on vahemikus 550–750 cm⁻¹, mis vastab CO₂ ja O₃ maksimumidele (vastavalt 670 ja 701 cm⁻¹).

Piirkond 2: neeldumine on vahemikus 1000–1100 cm⁻¹. Vastab O₃ neeldumisele (1040 ja 1103 cm⁻¹).

Piirkond 3: neeldumine on vahemikus 1200–2000 cm⁻¹, mis vastab H₂O ja CH₄ neeldumisele (H₂O 1280–1900 cm⁻¹, CH₄ 1300 ja 1345 cm⁻¹).

Vastuses pole vaja arvulisi põhjendusi esitada, iga õigesti nimetatud gaas annab 0,5 punkti.

Tabel 2. Kasvuhoonegaaside neeldumismaksimumid.

Kasvuhoonegaas	CO ₂	O ₃	H ₂ O	CH ₄
Neeldumismaksimumid (lainearv, cm ⁻¹)	670, 2330	701, 1040, 1103	1280–1900	1300, 1345

1.2. Maa temperatuur atmosfäärita ja atmosfääriga (11 p)

Kogu meile teadaolev elu vajab toimimiseks vedelat vett ja seetõttu loetakse tavaliselt eluks kõlblikeks planeedid, mille pinnal saab vesi olla vedelas olekus. On küll hüpoteetilisi erandjuhte, kus elu saab eksisteerida planeedi sisemuses või näiteks jääkooriku all, kuid selles ülesandes vaatleme elu planeedi pinnal.

Kui Maal poleks atmosfääri, saaks leida Maa keskmise pinnatemperatuuri järgmise valemi järgi ($\sqrt[4]{}$ tähendab neljandat juurt, sama mis võtta kaks ruutjuurt järjest: $\sqrt[4]{16} = 2$):

$$T = \sqrt[4]{\frac{P_{Maale}(1-\alpha)}{4\sigma S_{ristlõige}}},$$

kus T on Maa pinna temperatuur kelvinites, P_{Maale} on kogu energia, mis jõuab Maa pinnale ajaühikus ehk Maa pinnale jõudev kiirgusvõimsus (möödetakse džaulides sekundis, J/s ehk vattides, W), σ on Stefan-Boltzmanni konstant väärtusega $\sigma = 5,670374419 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$ ja α on maapinna keskmine albeedo väärtusega $\alpha = 0,3$. $S_{ristlõige}$ on Maa ristlõikepindala.



Leia, kas Maa pinnal oleks elu võimalik ilma atmosfäärita.

- 1.2.1. Leia Maa ristlõikepindala ruutmeetrites. Maa raadius on 6385 km. (1,5 p)

$$S = \pi * (6385000 \text{ m})^2 = 1,28 * 10^{14} \text{ m}^2$$

- 1.2.2. Leia Päikeselt Maale jõudva energia koguhulk igas sekundis. Eelda, et kogu Maale jõudev energia on võrdne Maa ristlõikele jõudva energiaga. Päikeselt jõuab Maa ristlõikele ühe ruutmeetri kohta sekundis 1360 J energiat. (1,5 p)

$$E = 1360 \frac{\text{J}}{\text{s} * \text{m}^2} * S * 1\text{s} = 1,74 * 10^{17} \text{ J}$$

(sobib ka ühikuks W või džauli sekundis)

- 1.2.3. Leia Maa keskmine pinnatemperatuur, kui Maal poleks atmosfääri. **Vihje: vaata, millised andmed temperatuuri leidmise valemist on juba teada.** (4 p)

- a. Kelvinites (2 p)

$$T = \sqrt[4]{\frac{1,74 * 10^{17} * (1 - 0,3)}{4 * 5,6703 * 10^{-8} * 1,28 * 10^{14}}} = 254 \text{ K}$$

- b. Celsiuse kraadides (1 p)

$$T = 254 - 273 = -19 \text{ }^\circ\text{C}$$

- c. Kas ilma atmosfäärita oleks Maa pinnal elu võimalik? Põhjenda. (1 p)
Kui vastatakse mõistlikel põhjustel - kõik punktid

Näide 1: Maa pinnal poleks ilma atmosfäärita elu võimalik, sest pinna temperatuur jääks alla vee jäätumistemperatuuri (0 °C) ning Maa pinnal olev vesi oleks jäätunud.

Näide 2: Maa pinnal poleks ilma atmosfäärita elu võimalik, sest ilma atmosfäärita Maal poleks osoonikihti, mis blokeerib elusorganismidele kahjuliku UV-kiirguse jõudmist Maale.

Maa atmosfääri soojendavat efekti saab kirjeldada emissiooniteguriga $e = 0,61$. See näitab, kui suur hulk Maa kiiratavast energiast pääseb läbi Maa atmosfääri. Koos atmosfääriga saab Maa keskmise pinnatemperatuuri leida valemiga:

$$T = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{Maale}}(1 - \alpha)}{4\sigma e S_{\text{ristlõige}}}}$$



1.2.4. Leia Maa keskmine pinnatemperatuur koos atmosfääriga kelvinites ja seejärel Celsiuse kraadides. (2 p)

$$T = \sqrt[4]{\frac{174 \times 10^{15} \times (1-0,3)}{4 \times 5,6703 \times 10^{-8} \times 128 \times 10^{12} \times 0,61}} = 288 \text{ K}$$

$$288 \text{ K} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

1.2.5. Kas Maa atmosfääri kasvuhooneefekt on Sinu hinnangul hea või halb? Põhjenda. (2 p)

Iga hästi/teemakohaselt põhjendatud vastus maksimumpunktid.

Näide 1: Maa atmosfääri kasvuhooneefekt on minu arvates hea, sest tänu Maa atmosfäärile on Maa pinnatemperatuur üle 0 °C ja vedela vee olemasolu on võimalik ning elu Maa pinnal on võimalik.

Näide 2: Maa atmosfääri kasvuhooneefekt on minu arvates halb, sest kasvuhooneefekti tõttu toimub kliima soojenemine, mille tõttu on miljonid inimesed ekvaatorialadel pidanud oma kodu hülgama.

1.3. Tagasisidemehhanismid (5 p)

Maa pinnatemperatuuri leidmisel on oluline arvestada ka Maa kui süsteemi tagasisidemehhanismidega. Tagasisideks nimetatakse nähtust, mille kutsub esile mingi muutus süsteemis ning mis seejärel kas võimendab või vähendab selle muutuse mõju. Muudatusi võimendavaid tagasisideprotsesse nimetatakse **positiivseks tagasisideks** ning muudatuste mõjule vastu toimivaid protsesse **negatiivseks tagasisideks**. Positiivse tagasiside käigus võimendab protsessi toimimine protsessi enda kulgu. Negatiivse tagasiside korral aga nõrgendab protsessi toimimine selle kulgu.

Lihtsaks näiteks positiivsest tagasisidest on lõkke süttimine. Esiolgne väike tuli kuumutab põlevat ainet, mis omakorda süttib ja kuumutab veel rohkem ainet. Lõkke kustumine küttematerjali lõppemisel on aga negatiivse tagasisidega: tuli põletab ära materjali, mistõttu on tulel veel vähem materjali, mida põletada, ja lõpuks tuli kustub, sest kütus on otsas.

Keerukama tagasiside näitena võib ette kujutada kooslust, kus elavad metskitsed ja ilvesed. Oletame, et koosluses suureneb järsku metskitsede arv: metskitsedest toituvatel ilvestel on nüüd rohkem toitu ja ilveste arvukus kasvab. Rohkem ilveseid tähendab ühtlasi aga, et rohkem metskitsi langeb edaspidi ilveste toiduks, mistõttu metskitsede arvukus väheneb. Ilveste näol on metskitsede jaoks siinkohal tegu negatiivse tagasisidega, sest muutusele süsteemis (metskitsede arvukuse suurenemine) vastab tagasisideprotsess (ilveste arvukuse kasv tänu suurenenud



toiduhulgale), mis lõppkokkuvõttes vähendab esialgse muutuse mõju (rohkem ilveseid sööb ära rohkem metskitsi ja metskitsede arv langeb).

1.3.1. All on loetletud näited muutustest, mille võib kaasa tuua Maa kliima soojenemine. Liigita iga näide kas positiivseks (kliima soojenemise tulemus aitab kliima edasisele soojenemisele kaasa) või negatiivseks (kliima soojenemise tulemus takistab kliima edasist soojenemist) tagasisideks. (5 p)

Kliima soojenemisega kaasnev muutus	Positiivne tagasiside	Negatiivne tagasiside
Soe õhk mahutab rohkem veeauru, mistõttu suureneb veeauru kontsentratsioon atmosfääris	X	
Tänu veeauru kontsentratsiooni kasvule suureneb pilvisus		X
Polaaralade jää- ning lumikatte pindala väheneb	X	
Kõrgetel laiuskraadidel sulab igikelts, üles sulanud orgaanilise aine lagunemisel vabaneb atmosfääri metaan	X	
Temperatuuri tõus kiirendab geokeemilisi reaktsioone Maa kivimite ja atmosfääris leiduva CO ₂ vahel, üldvõrrandiga $\text{CaSiO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{SiO}_2$		X

1.4. Albeedo ja selle mõju kliimale (8,5 p)

Albeedo (tähis α) kirjeldab, kui suur osa päikeselt tulevast kiirgusest peegeldub pärast Maale jõudmist tagasi kosmosesse. Erinevatel pinnakatteliikidel on erinev albeedo vahemikus 0–1: kui pinna $\alpha = 1$, peegeldub 100% sellele pinnale langevast päikesekiirgusest tagasi kosmosesse; kui $\alpha = 0$, neeldub kogu päikesekiirgus. Planeedi albeedol on kliima reguleerimisel oluline roll: kõrgem albeedo tähendab vähema kiirguse neeldumist ning seega jahedamat kliimat.

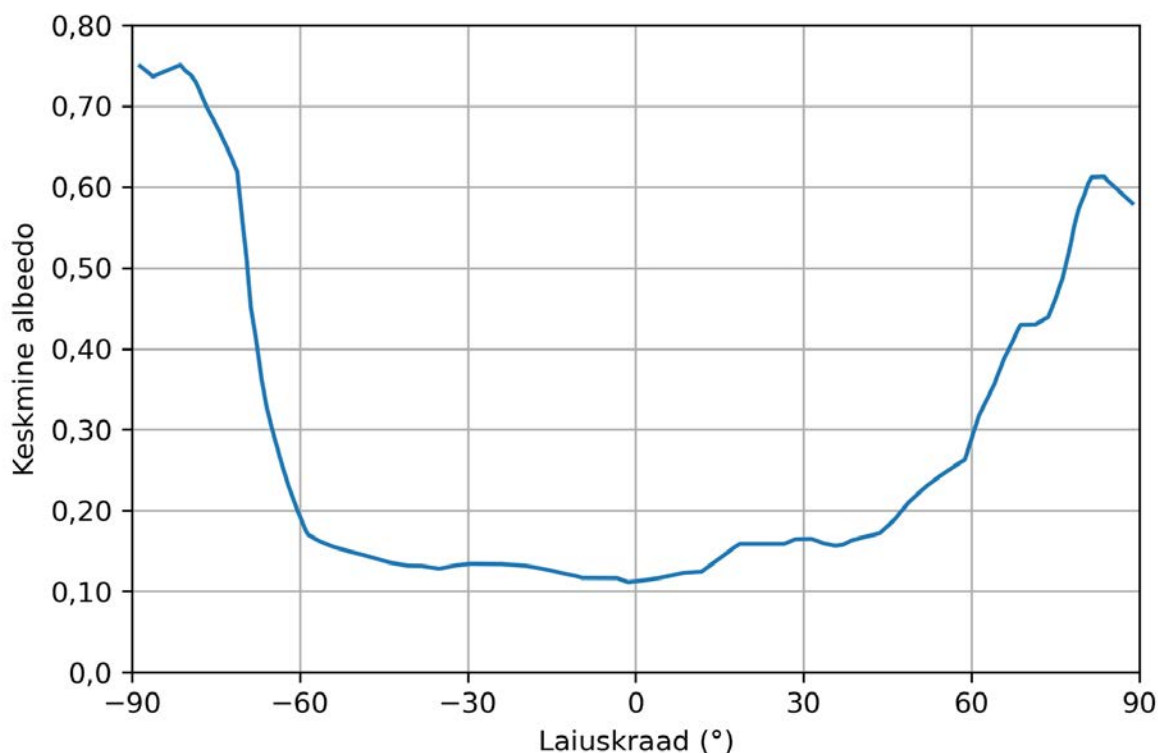


Joonis 3. Albeedo variatsioonid Maa pinnal. Heledamad alad (jääd, pilved) peegeldavad päikesevalgusest suure osa tagasi, tumedad alad neelavad selle. Foto jäädvustati Eesti esimese satelliidi ESTCube-1 kaameraga (Henri Kuuste jt).

Tabelis 4 on esitatud Maa pinnakatteliigid, lisaks iga pinnakatteliigi (hinnanguline) keskmine albeedo ning ligikaudne osakaal planeedi kogupindalast. **Joonisel 4** on toodud graafik, mis kujutab Maa albeedo sõltuvust laiuskraadist.

Tabel 4. Maa pinnakatteliikide keskmine albeedo ja osa Maa pindalast.

Pinnakatteliik	Keskmine albeedo	Osakaal Maa pindalast (%)
Jäävaba meri	0,05	60%
Jää/lumega kaetud meri ja maismaa	0,70	10%
Mets	0,15	10%
Kõrb	0,30	10%
Rohumaa ja põllumaa	0,20	10%
Pilved	0,50	-



Joonis 4. Keskmise albeedo sõltuvus laiuskraadist (nurkkaugusest ekvaatori ja asukoha vahel, põhjapoolkera laiuskraadid on positiivse väärtusega).

1.4.1. Põhjenda, miks erineb pooluste albeedo Maa ekvatoriaalpiirkonna albeedost. (1 p)

Poolused on aastaringse madala temperatuuri tõttu kaetud jää ja lumega, millel on väga kõrge albeedo võrreldes ekvaatoril esinevate pinnakatteliikidega (mets, jäävaba meri, kõrb), vt tabel.

1.4.2. Kasutades tabelis toodud andmeid, arvuta planeedi keskmine albeedo väärtus ilma pilvedeta. (2 p)

$$0,6 \times 0,05 + 0,1 \times 0,7 + 0,1 \times 0,15 + 0,1 \times 0,3 + 0,1 \times 0,2 = 0,17$$

1.4.3. Kasutades eelmises alapunktis leitud Maa albeedo keskmist väärtust, arvuta uus albeedo väärtus, kui 40% Maa pinnast on kaetud pilvedega. (1,5 p)

$$0,6 \times 0,17 + 0,4 \times 0,5 = 0,30$$



1.4.4. Kuidas võiks pilvkatte olemasolu mõjutada planeedi kui terviku kliimat? (1 p)

Pilvede albeedo on kõrgem kui Maa keskmine albeedo; pilvkatte suurenedes Maa albeedo väärtus kasvab ning rohkem päikeseenergiat peegeldub kosmosesse, mistõttu võiks järeldada, et ulatuslikum pilvkate tähendab jahedamat kliimat.

1.4.5. Arvuta, mitu korda suureneks või väheneks Maa albeedo (ilma pilvkatteta), kui kogu Maa pinda kattev jääkiht ära sulaks. Võid eeldada, et pool esialgu Maad katvast jääst asendub merepinnaga ning pool kõrbemaastikuga. (2 p)

Uus albeedo väärtus: $0,6 \times 0,05 + 0,1 \times 0,15 + 0,1 \times 0,3 + 0,1 \times 0,2 + 0,05 \times 0,05 + 0,05 \times 0,3 = 0,1125 = 0,11$

Albeedo väheneks $0,17 / 0,11 = 1,5$ korda.

1.4.6. Kas polaarjää sulamine takistab kliima soojenemist või aitab sellele kaasa? Põhjenda oma vastust. (1 p)

Jää sulamine põhjustab Maa albeedo languse, mistõttu peegeldub vähem päikesekiirgust tagasi kosmosesse ning rohkem kiirgust saab kuluda Maa soojendamiseks; seega aitab jääkate sulamine Maa kliima soojenemisele kaasa.

1.5. Evolutsioon ja kohastumused polaaraladel (17,5 p)

Elu peab igas keskkonnas toimetulekuks kohanema selles valitsevate tingimustega. Läbi põlvkondade paljunevad edukamalt need isendid, kes on keskkonnaga paremini kohastunud. Nii saavad igas keskkonnas valdavaks selle jaoks kõige paremini kohastunud organismid. Seda nähtust nimetatakse üldistavalt evolutsiooniks.







Selles alamülesandes vaatleme erinevaid evolutsioonilisi nähtuseid ning nende seoseid keskkonnaga, milles organismid elavad.

Näiteks evolutsioonist on sarnasused elusorganismide vahel. Erinevate elusorganismide elundeid võrreldes on võimalik tuvastada seoseid evolutsiooniga:


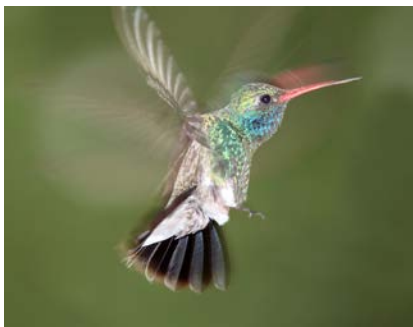






- 1) homoloogilised elundid — sarnane evolutsiooniline ja arenguline päritolu ning ehitus, kuid võib olla erinev funktsioon;
- 2) analoogilised elundid — erinev evolutsiooniline ja arenguline päritolu ning ehitus, kuid sarnane funktsioon.



1.5.1. Millisesse kategooriasse kuuluvad järgnevad elundite paarid? (3,5 p)

Organism 1	Organism 2	Homoloogiline/ Analoogiline (H või A)
 <p data-bbox="357 898 502 931">Hülge loib</p>	 <p data-bbox="820 882 997 916">Varblase tiib</p>	<p data-bbox="1161 555 1190 589">H</p>
 <p data-bbox="293 1330 571 1364">Kärbsepüünise leht</p>	 <p data-bbox="820 1352 997 1386">Kaktuse leht</p>	<p data-bbox="1161 969 1190 1003">H</p>
 <p data-bbox="336 1760 523 1794">Koera esijalg</p>	 <p data-bbox="820 1722 997 1756">Inimese käsi</p>	<p data-bbox="1161 1417 1190 1451">H</p>



		A
Mesilase iminokk	Koolibri nokk	
		A
Kärbse tiib	Hane tiib	
		A
Nahkhiire tiib	Liblika tiib	
		A
Bataat (maguskartul)	Kartul	



Evolutsiooni toimumist kinnitab ka see, et erinevatest organismidest on leitud rudimente ehk mandunud elundeid/kehaosasisid, mis evolutsiooni käigus on kunagi olnud vajalikud, kuid enam mitte.

1.5.2. Tuvasta, millised järgmistest kehaosadest on inimese puhul mandunud. Tõmba õige(te)le vastus(te)le ring ümber. (2 p)

- a. *tarkusehambad*
- b. häälepaelad
- c. kopsud
- d. *karvkate*
- e. *pimesool*
- f. selgroog

Evolutsiooni käigus on organismid kohastunud eluks erinevates Maa piirkondades. Eriti tugevalt ilmneb see polaaraladel, mille taimestikul ja loomastikul on tulnud kohastuda elu vaatepunktist väga karmide tingimustega.

1.5.3. Milline taimerühm on polaaraladel kõige levinum? Tõmba õigele vastusele ring ümber. (1 p)

- a. Õistaimed
- b. *Sammaltaimed*
- c. Sõnajalgtaimed
- d. Paljasseemnetaimed

Polaaraladel valitsevate tingimustega kohastumiseks on taimedel välja kujunenud kindlad omadused.

1.5.4. Vii kokku arktiliste taimede kohastumus seda põhjustanud keskkonnatingimusega. (2 p)

- | | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| 1. Väikesed lehed | <i>d. Vee vähene kättesaadavus</i> |
| 2. Kiire õite moodustamine | <i>c. Lühike soojaperiood</i> |
| 3. Lai, pindmine juurestik | <i>b. Igikelts</i> |
| 4. Madal kasv | <i>a. Lumikatte keskmine sügavus</i> |

1.5.5. Miks võib külmas keskkonnas olla taimedele kasulik lume alla mattumine? (1 p)

Maha sadanud lumikate käitub kui soojusisolaator, jättes enda alla lõksu soojema õhu kihi. Samuti aitab see vältida UV kahjustusi (seda pigem ei pea teadma, aga siiski kasulik)

Polaaraladel elavad taimed ja loomad peavad suutma pikka aega taluda raskeid keskkonnatingimusi, kus ei ole võimalik toitu leida või taimede puhul seda toota. Seetõttu peavad kõik polaaralade loomad ja taimed suvekuudel võimalikult palju energiat koguma ja salvestama.



Peamised toiduallikad heterotroofsetele organismidele, kes ei ole võimelised ise endale vajalikke keemilisi aineid sünteesima, on süsivesikud, rasvad ja valgud. Allpool võrdleme erinevate ühendite toiteväärtusi ja organismide energiakulu.

1.5.6. Millist neist ainetest on taimedes kõige rohkem? Tõmba õigele vastusele ring ümber. (1 p)

- a. Süsivesikud
- b. Rasvad
- c. Valgud

Rasva energiasisaldus on 37 kJ/g, süsivesikute ja valkude energiasisaldus on 17 kJ/g.

1.5.7. Mitu kilogrammi tuleks tarbida valkusi või süsivesikuid, et neist saada kätte sama palju energiat, kui 1 kilogrammist rasvast? (3 p)

Organismi põhiainevahetuse tase näitab, kui palju energiat organism ajaühiku jooksul kulutab, et hoida toimimas oma põhilisi elufunktsioone ehk minimaalseid lühiajaliselt elamiseks vajalikke toiminguid optimaalsel temperatuuril söömata olekus. Ometi on loomadel enamasti ainevahetuse tase kõrgem kui põhiainevahetuse tase.

1.5.8. Millised funktsioonid põhjustavad seda, et energia tarbimine on enamasti suurem, kui põhitase näitab? Tõmba õige(te)le vastus(t)ele ring ümber. (1 p)

- a. Südame töö
- b. Liikumine
- c. Kehatemperatuuri hoidmine külmas keskkonnas püsisoojastel loomadel
- d. Hingamine
- e. Toidu seedimine

Olgu ühe keskmise jääkaru põhiainevahetuse tase 1000 kJ/h ja aktiivse ainevahetuse tase (näiteks, kui karu peab jahti) 4000 kJ/h. Oletame, et jääkaru saab ühest hülgest 13,5 kg rasva ja 2,5 kg valke. Pärast igat jahti peab ta vähemalt kaks päeva puhkama (seejuures on puhkuse ajal ainevahetuse tase võrdne põhiainevahetusega).

1.5.9. Kui palju aega võib karu maksimaalselt kulutada ühe hülge jahitisele, et ellu jääda? (3 p)

Ühes hülgest saab $13,5 \text{ kg} \cdot 37 \text{ kJ/g} + 2,5 \text{ kg} \cdot 17 \text{ kJ/g} = 542\,000 \text{ kJ}$.

Kaks päeva puhkamist on $1000 \text{ kJ/h} \cdot 48 \text{ h} = 48\,000 \text{ kJ}$.

Seega saab ühest hülgest pärast puhkamiseks kuluvat energiat $542\,000 \text{ kJ} - 48\,000 \text{ kJ} = 494\,000 \text{ kJ}$. See võimaldab $494\,000 \text{ kJ} / (4000 \text{ kJ/h}) = 123,5 \text{ h} \approx 124 \text{ h}$ ehk 5,15 päeva jahti pidada.

Tegemist on maksimaalse hinnanguga, sest lisaks aktiivsele jahile peab jääkaru ellujäämiseks ka muud tegema, seega peab jahiks tegelikult kulutatav aeg oluliselt alla selle hinnangu jääma.

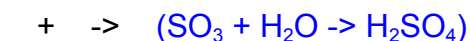


2. Saaste (19,5 p)

Organismide (sh inimese) elutegevuse ja geoloogiliste protsesside tulemusena satuvad atmosfääri mitmesugused ühendid. Nii mõnedki neist kahjustavad elukeskkonda Maa pinnal. Selles ülesandes vaatleme saasteaineid ja nende mõju.

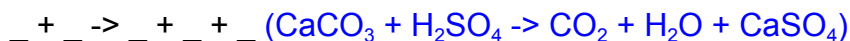
Kui atmosfääri satub happelisi oksiide, moodustavad nad veepiiskadega reageerides happeid, mis suurte saastekoguste korral võib põhjustada happevihma. Happevihma teket põhjustab nt vääveltrioksiid (SO_3), mis moodustab atmosfääris leiduva veega reageerides väävelhappe (H_2SO_4).

2.1. Kirjuta happevihma tekke (tasakaalustatud) reaktsioonivõrrand. (3 p)



Happevihmadel on kahjulik mõju vee-elustikule ja taimedele. Samuti võivad happevihmad põhjustada happega reageerivate kivimite lagunemist. Üks sellistest kivimitest on lubjakivi, mis moodustab arvestatava osa Põhja-Eesti pankrannikust. Lubjakivi koosneb peamiselt kaltsiumkarbonaadist (CaCO_3).

2.2. Kirjuta kaltsiumkarbonaadi ja väävelhappe vahelise reaktsiooni (tasakaalustatud) võrrand. Selle reaktsiooni saadused on süsihappegaas, vesi ja kaltsiumsulfaat (CaSO_4). (3 p)



Enamasti viiakse keemias reaktsioone läbi tunduvalt suuremate ainehulkadega kui paar aatomit või molekuli. Näiteks 18 g vees on umbes $6,02 \cdot 10^{23}$ H_2O molekuli. Selleks, et arvutuste tegemine oleks mugavam, on aineosakeste loendamiseks võetud kasutusele mõiste ainehulk (tähis: n; ühik: mol). 1 mol on selline ainehulk, milles sisaldub $6,02 \cdot 10^{23}$ osakest (molekuli, aatomit, iooni vms). St 18 g vees on u 1 mol vett.

Selleks, et arvutada aine kogust moolides, on igal keemilisel elemendil kindel aatommass ja igal molekulil molaarmass (tähis: M; ühik: g/mol). Terve molekuli molaarmassi leidmiseks tuleb liita kokku molekuli moodustavate aatomite aatommassid. Näiteks vääveltrioksiid (SO_3) koosneb ühest väävli ($M = 32$ g/mol) ja kolmest hapniku ($M = 16$ g/mol) aatomist, seega selle molaarmass on $1 \cdot 32$ g/mol + $3 \cdot 16$ g/mol = 80 g/mol.



Tabelis 5 on toodud mõne keemilise elemendi aatommassid.

Tabel 5. Keemiliste elementide aatommassid.

Element	Aatommass M (g/mol)
Vesinik (H)	1
Väävel (S)	32
Hapnik (O)	16
Kaltsium (Ca)	40
Süsinik (C)	12

2.3. Mis on väävelhappe, kaltsiumkarbonaadi ja kaltsiumsulfaadi molaarmassid? (4,5 p)

Väävelhape: $(2 \cdot 1 \text{ g/mol} + 1 \cdot 32 \text{ g/mol} + 4 \cdot 16 \text{ g/mol} = 98 \text{ g/mol})$

Kaltsiumkarbonaat: $(1 \cdot 40 \text{ g/mol} + 1 \cdot 12 \text{ g/mol} + 3 \cdot 16 \text{ g/mol} = 100 \text{ g/mol})$

Kaltsiumsulfaat: $(1 \cdot 40 \text{ g/mol} + 1 \cdot 32 \text{ g/mol} + 4 \cdot 16 \text{ g/mol} = 136 \text{ g/mol})$

Kui pankrannikul sajak happelihma, tekitaks see aastate möödudes lubjakiviga reageerides arvestatavat kahju. Mõõdukalt tugeva saju ajal langeks pankrannikul ühe ruutmeetri suurusele alale 6 liitrit sademeid tunnis. Kõik need sademed imenduksid läbi mulla lubjakivini. Oletame, et üks liiter vääveltrioksiidist moodustunud happelihma sisaldab $5 \cdot 10^{-5}$ mol väävelhapet.

2.4. Mitu mooli väävelhapet langeks pankrannikul sellise saju ajal ühe ruutmeetri suurusele alale tunnis? (1,5 p)

$(6 \text{ l} \cdot 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ mol})$

2.5. Mitu mooli lubjakivis sisalduvat kaltsiumkarbonaati reageeriks punktis 2.4 leitud koguse väävelhappega? (1,5 p)

(suhe 1:1, $3 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$)

Aine molaarmass (M), hulk moolides (n) ja mass (m) on omavahel seotud suhtega $n = m/M$.

2.6. Mitu grammi lubjakivis sisalduvat kaltsiumkarbonaati reageeriks punktis 2.5 leitud koguse väävelhappega? (1,5 p)

$(3 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 100 \text{ g/mol} = 0,03 \text{ g})$



2.7. Mitu mooli CaSO₄ tekiks? (1,5 p)

(H₂SO₄:CaSO₄ suhe 1:1, **3*10⁻⁴ mol**)

2.8. Mitu grammi CaSO₄ tekiks? (1,5 p)

(3*10⁻⁴ mol * 136 g/mol = **0,0408 g**)

Oletame, et kogu lubjakivi lagunemisel tekkinud CaSO₄ satub merevette. CaSO₄ lahustuvus merevee temperatuuril vees on 2 g/l.

2.9. Mitu milliliitrit vett on vaja, et tekkinud CaSO₄ täielikult lahustuks? (1,5 p)

(0,0408 g / 2 g/l = 0,0204 l = **20,4 ml**)

3. Taastuvenergeetika (23,5 p)

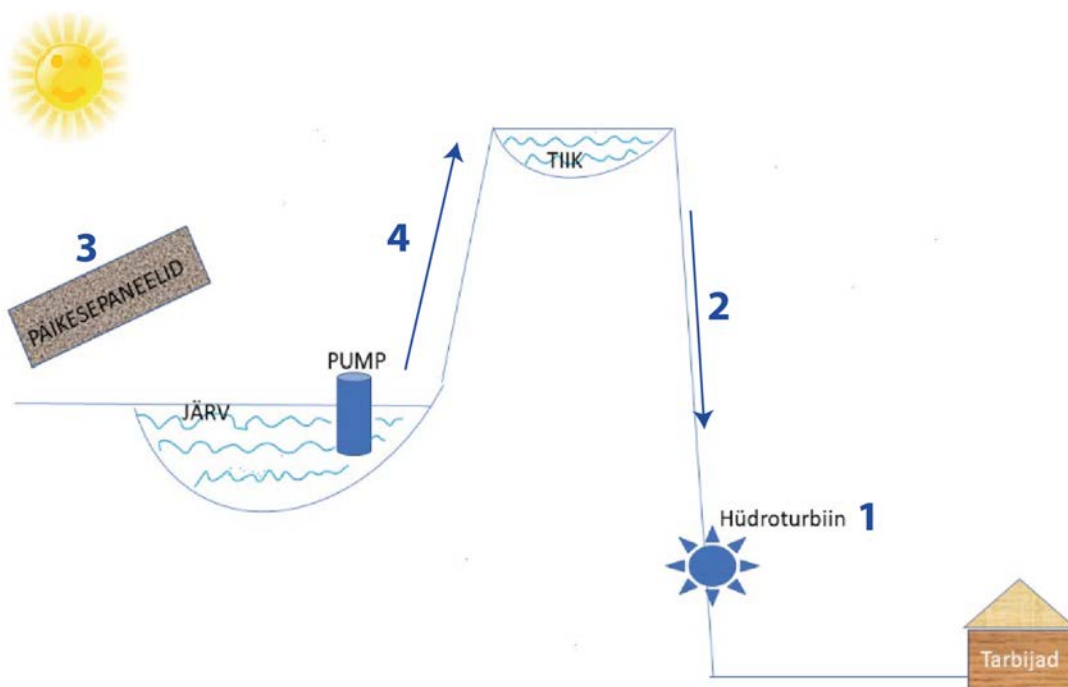
Fossiilsetel kütustel põhinev energeetika on suur saasteainete, sh kasvuhoonegaaside allikas ja seetõttu on väga aktuaalne taastuvenergeetika edendamine. Tuule- ja päikeseenergia suurimaks puuduseks on nende ajaline muutlikkus. Päikeseenergiat saab Eestis toota märtsist oktoobrini, kuid ka siis jääb probleemiks energiaga varustamine pimedal ajal.

3.1. Päikesepargi planeerimine (12 p)

Talus tahetakse rajada päikeseparki, millega saaks odavalt ja sõltumatult katta energiavajaduse suvisel ajal. Aita talul sobivat päikeseparki planeerida!

Päikesepaneelid annavad energiat ainult päevasel ajal, kui päike on piisavalt kõrgel ja pilvi on vähe. Et energiavarustus ka öösel toimiks, tuleb osa päeva jooksul toodetud energiast salvestada, et sellest pimedal ajal uuesti vajalikku energiat toota.

Salvestamise moodusena tuli kõigepealt kaalumisele vee ülespumpamine, sest talul on selleks soodne maastik. Osa päeval saadavast päikeseenergiast võiks salvestada, pumbates järve vett künkale rajatud väiksesse tiiki. Öisel ajal saab vee alla lasta tiigi teises servas olevast kõrgest nõlvast ning suunata hüdroturbiinile, mis toodaks langevast veest uuesti elektrienergiat. Plaani teostatavuse hindamiseks tuleb lahendada mitmeid ülesandeid.



Joonis 5. Päikesepaneelidest saadava elektrienergia salvestamine vee ülepumpamisega.

3.1.1. Joonisel 5 on toodud vee ülepumpamist kasutav energia salvestamise skeem. Näita, milliste skeemi osade vahel või millistes seadmetes toimuvad allpool kirjeldatud energia muundumised. Kirjuta numbrid joonisele õigetesse kohtadesse! (2 p)

1 - Kineetiline energia elektrienergiaks	2 - Potentsiaalne energia kineetiliseks energiaks	3 - Päikeseenergia elektrienergiaks	4 - Elektrienergia potentsiaalseks energiaks
--	---	-------------------------------------	--

Talu varasemaid elektriarveid uurides selgus, et suveperioodi 12 pimedama tunni kogutarbimine on keskmiselt 48 kWh.

3.1.2. Kui suur peaks olema ülepumpatud vette salvestatud energiast pimedal perioodil toodetav keskmine võimsus, et tarbimist samadel tingimustel jätkata? (0,5 p)

$$N_{\text{keskmine}} = 48 \text{ kWh} : 12 \text{ h} = 4 \text{ kW}$$



- 3.1.3. Mitu liitrit vett sekundis peaks turbiinile langema, et turbiin selle võimsusega töötaks? Turbiin asub ülespumbatud tiigi veetasemest 70 m allpool ja turbiini kasutegur on 80%. Vee tiheduseks võib lugeda 1000 kg/m^3 ja $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. (3 p)**

*Turbiini võimsus on ajaühikus turbiinist saadav energia: $N = E / t$, ehk $E = N * t$;*

*Energia saadakse langeva vee potentsiaalse energia arvel, kusjuures vaid 80% langeva vee energiast kasutatakse turbiinis energia tootmiseks: $E = 0,8 * m_{\text{vesi}} * g * h$*

*$m_{\text{vesi}} = N * t / (0,8 * g * h)$; $m_{\text{vesi}} / t = 4 * 10^3 \text{ J} / (0,8 * 9,8 \text{ m/s}^2 * 70 \text{ m})$; $m_{\text{vesi}} / t = 7,1 \text{ kg/s}$;*

$V_{\text{vesi}} = m_{\text{vesi}} / \rho$; $V_{\text{vesi}} = 7,1 \text{ kg} / (1 \text{ g/cm}^3) = 7100 \text{ cm}^3 = 7,1 \text{ dm}^3$; $V_{\text{vesi}} = 7,1$ liitrit sekundis.

- 3.1.4. Kui suurt vee ruumala on vaja, et turbiin töötaks sama võimsusega 12 tunni jooksul ehk keskmise ööpäevase aja jooksul, mil päikesepark energiat ei tooda? (1 p)**

*$V_{\text{öösel}} = 7,1 \text{ l/s} * 12 * 3600 \text{ s} = 306,7 \text{ m}^3$*

- 3.1.5. Eelmises ülesandes saadud vee mass ongi tarvis iga päev üles pumbata, et selles salvestuks energia, mis turbiini käivitades katab pimedate aja tarbimisvajaduse. Mitme kWh võrra kasvab vee energia pumpamisel järvest tiiki, kui nende veetasemete vahe on 40 m? Mitu kWh energiat vee ülespumpamiseks kulub, kui pumba kasutegur on 80% (2 p)**

*$m = \rho * V_{\text{öösel}}$; $m = 1 \text{ kg/dm}^3 * 306,7 * 10^3 \text{ dm}^3 = 306,7 * 10^3 \text{ kg}$*

*$E_{\text{üles}} = 306,7 * 10^3 \text{ kg} * 40 \text{ m} * 9,8 \text{ m/s}^2 = 1,2 * 10^8 \text{ J} = 1,2 * 10^8 \text{ Ws} = 1,2 * 10^8 \text{ W} * 1/3600 \text{ h} = 33 \text{ kWh}$*

$E_{\text{pumpamine}} = 33 \text{ kWh} / 0,80 = 41,3 \text{ kWh}$

- 3.1.6. Võrdle vee ülespumpamiseks kuluvat ja hüdroturbiinist saadavat energiat. Põhjenda, miks need ei ole võrdsed, kasutades joonist 5! (1 p)**

Hüdroturbiinist saadavat energiat on rohkem, sest vesi tuli pumbata 40 m kõrgusele, aga langeb 70 m kõrguselt. (Pumba ja turbiini kasutegurid on võrdsed.) +Iga muu arukas vastus

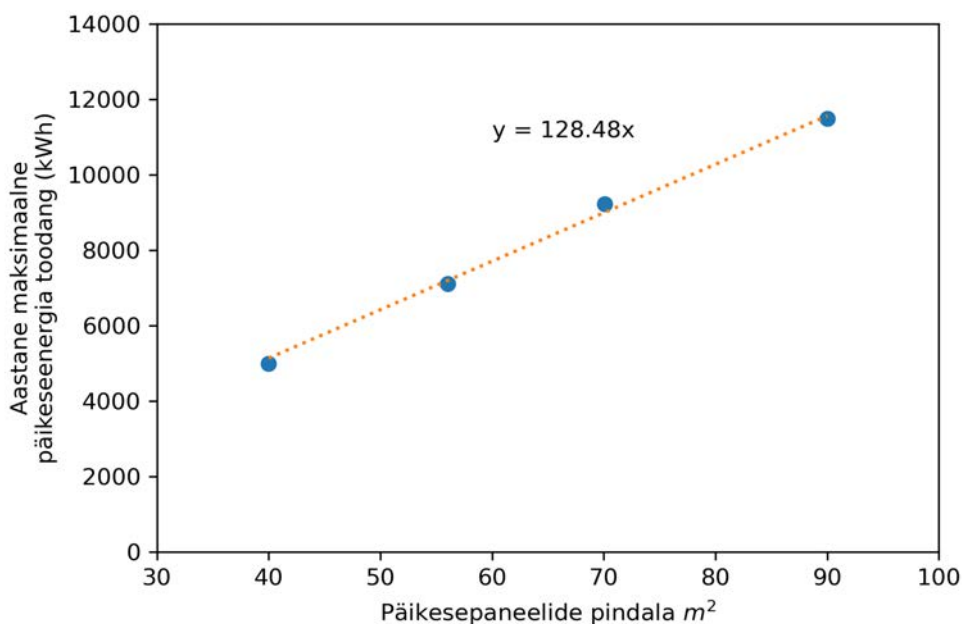


3.1.7. Kui suur peaks olema planeeritava päikesepargi ööpäevane elektrienergia toodang, kui arvestada, et osa energiat tarbitakse kohe päeval ning teine osa tuleb salvestada pimedal ajal energia saamiseks? Pimeda aja kogutarbimine moodustab 2/5 ööpäevasest kogutarbimisest. (1 p)

Pimeda aja tarbimine 48 kWh on $\frac{2}{5}$, valge aja tarbimine on $\frac{3}{5}$ kogutarbimisest. Ööpäevane kogutarbimine ja toodang on 5/5 ehk $24 \cdot 5 = 120$ kWh

3.1.8. Soovitud toodanguga päikesepargis peab olema vähemalt 900 m² päikesepaneelide pinda (arvestades keskmist päikesepaistet ja praeguste laiatarbe paneelide kasutegurit). Leia joonisel 6 toodud graafikut ja valemit kasutades, kui suur on selle päikesepargi maksimaalne aastane energiatoodang megavatt-tundides! (1,5 p)

$y = 128,48 \cdot 900 = 115632$. Seega 900 m² suuruse pindalaga päikesepark toodab aastas maksimaalselt 115632 kWh = 115,6 MWh energiat



Joonis 6. Maksimaalne aastane päikeseenergia toodang sõltuvalt päikesepaneelide pindalast. Toodang suureneb lineaarselt pindala suurenemisega vastavalt valemile $y = 128,48 x$.



3.2. Energia salvestamine vee soojendamiseks (4,5 p)

Osa päeval toodetud päikeseenergiast võib salvestada ka soojusena vee siseenergiasse, sest hästi isoleeritud paagis püsib vesi soe ka öhtu- ja öötundidel. Paagitäiest 70-kraadisest veest jätkub suvisel ajal talu toimingute jaoks.

3.2.1. Talul on silindriline sooja vee paak põhja läbimõõduga 0,5 m ja kõrgusega 1,6 m. Mitu kWh energiat kulub, et soojendada selle paagi täis vett esialgselt temperatuurilt 15 °C temperatuurini 70 °C?. Vee soojendamiseks vajalik soojushulk Q leitakse valemist $Q = c m \Delta T$, kus m on vee mass, ΔT on temperatuuri muutus ning c on vee erisoojus, $c = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$. (3,5 p)

$$\text{Paagi ruumala } V = \pi R^2 h = 3,14 * (0,25)^2 * 1,6 \text{ m}^3 = 0,314 \text{ m}^3 = 314 \text{ l};$$

$$\text{Paaki mahtuva vee mass: } m = 314 \text{ dm}^3 * 1 \text{ kg}/\text{dm}^3 = 314 \text{ kg};$$

$$Q = c m \Delta T = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg } ^\circ\text{C}) * 314 \text{ kg} * (70-15) ^\circ\text{C} = 72361 \text{ kJ} = 72361 \text{ kW} * 1/3600 \text{ h} = 20,1 \text{ kWh}$$

3.2.2. Mitu protsenti valge aja tarbimisest kulub paagi vee ülessoojendamisele? (1 p)

Valge aja tarbimine oli % ööpäeva tarbimisest ehk 72 kWh (õige iga vastus, mis arvutatakse 3.1.7 leitud ööpäevast tarbimist arvestades). Vee soojendamiseks kuluks $20,1 / 72 = 0,279 = 27,9\%$ valge ajal tarbitavast energiast.

3.3. Päikesepargi tõttu kaotatud biomassi energia (7 p)

Päikeseпарк kavatakse ehitada heinamaale, kus iga-aastane heinasaak on olnud keskmiselt 7,8 tonni hektarilt. Päikesepaneelide alla ulatub vähe valgust ja fotosüntees ei toimi kuigi intensiivselt. Seetõttu jääb talu ilma iga-aastasest heina salvestunud biomassi energiast päikesepargi 900 m² suuruselt alalt. Kui heina kasutada kütusena, on selle kütteväärtus 4,1 MWh/t.

3.3.1. Kui palju heina biomassi energiat (MWh) jääb talul igal aastal saamata päikesepargi alalt? (1,5 p)

$$900 \text{ m}^2 = 0,09 \text{ ha}$$

$$E = 4,1 \text{ MWh}/\text{t} * 7,8 \text{ t}/\text{ha} * 0,09 \text{ ha} = 2,88 \text{ MWh}$$

3.3.2. Võrdle ühes aastas saamata jäänud biomassi energiat päikesepargi aastas toodetud elektrienergiaga! Kumb on suurem ja mitu korda? (1 p)

Päikesepargi aastas toodetud elektrienergia on 115,6 MWh (vt 3.1.7), mis on $115,6 / 2,88 = 40$ korda suurem kui aastaga kaotatud heina energia.



3.3.3. Miks ei tohiks liiga palju põllumajanduslikke maid kasutada päikeseelektri tootmiseks? (1 p)

Biomassi energia on oluline loomade ja inimeste toiduna; ja iga muu arukas vastus.

3.3.4. Joonista skeem, mis näitab ainete ja energia liikumist fotosünteesi käigus. Paiguta etteantud protsessi osad skeemile õiges järjekorras, näita “+” ja “=” märkide abil, millised on lähteained ja millised on saadused. Tõmba ring ümber neile protsessi osadele, mis on seotud energia lisandumisega või salvestumisega. (3,5 p)

Õhu süsihappegaas	Hapnik	Vesi	Päikesevalguse kvandid	Orgaaniline aine (suhkrud rohelises taimes)
-------------------	--------	------	------------------------	---

Õhu süsihappegaas + Vesi + Päikesevalguse kvandid = Hapnik + Orgaaniline aine (suhkrud rohelises taimes)

*Õiged ained vasakul ja paremal (5 * 0,5 punkti), kaks ringi: päikesevalguse kvandid ja orgaaniline aine (2 * 0,5 punkti)*