

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

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

### Ülesanne 1: Mägironimine (59 p)

22. juulil 2018. aastal jõudis Andras Kaasik esimese eestlasena K2 tippu, mis asub Aasias, Hiina ja Pakistani piiril. K2 tipp ulatub 8611 meetri kõrgusele merepinnast ning seega on K2 maailmas kõrguselt teine mägi. K2 vallutamine on kurikuulsalt ohtlik, kuna tippu jõudmiseks tuleb ületada palju kalju- ja jääseinu, pragusid ning lõhesid. Sina otsustasid, et soovid olla teine inimene Eestist, kes jõuab selle mäe tippu.

**1.1.** Mägironijad peavad kõrgmägedes heitlema paljude keeruliste keskkonnatingimustega ning enne oma rännaku alustamist otsustad nendega tutvuda. Tabeli esimeses veerus on välja toodud, mille poolest on tingimused kõrgmäestikes erilised. Teises veerus on toodud nende tingimuste võimalikud põhjused. **Otsusta, kas järgnevalt toodud põhjused on õiged või valed. Märgi "+" õige põhjuse taha ja "-" vale põhjuse taha.** (1,5 p)

| Tingimus             | Põhjus                                                               | +/- |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------|-----|
| Madal õhutemperatuur | Madal õhurõhk                                                        | +   |
|                      | Kaugemal Maa kuumast tuumast                                         | -   |
| Vähe hapnikku        | Oluliselt madalam (<20%) hapniku osakaal õhus kui merepinna kõrgusel | -   |
|                      | Hõre õhk                                                             | +   |
| Tugev UV-kiirgus     | Õhuke atmosfäärikiht                                                 | +   |
|                      | Päike on lähemal                                                     | -   |

Arvestus:



**1.2.** Sind aga need raskused ei hirmuta. Pärast kuus kuud kestnud intensiivset füüsilist, moraalset ja praktilist ettevalmistust saabud Pakistani Islamabadi lennujaama, mis asub merepinnast 500 m kõrgusel. Sealt edasi lendad väiksema lennukiga Skardu linna, mis asub juba 2500 m kõrgusel. Skardus toimuvad parasjagu kergejõustikuvõistlused. Võistluste tulemusi jälgides on täheldatud, et mitme tuhande meetri kõrgusel merepinnast toimuvatel spordivõistlustel on tulemused erinevad võrreldes merepinna lähemal toimuvate võistlustega. **Seleta, mis põhjustab kahte järgnevat erinevust!**

**1.2.1.** Kõrgemal toimuvatel võistlustel on sprindi ja kaugushüppe tulemused paremad kui madalamal toimuvatel võistlustel. (1 p)

Õhutakistus on väiksem (ja nii lühikestel distantsidel ei ole märkimisväärset negatiivset mõju sellele, et sportlaste lihastesse jõuab vähem hapnikku).

Arvestus:

**1.2.2.** Kõrgemal toimuvatel pikamaajooksudel on sportlaste tulemused kehvemad kui madalamal toimuvatel võistlustel. (1 p)

Kuna hapnikku jõuab lihastesse vähem, siis pikema aja peale omab see negatiivset mõju inimese sportliku soorituse võimekusele (energia tootmine lihastes ei ole nii efektiivne).

Arvestus:

**1.3.** Järgneval päeval leiab aset ühepäevane sõit maasturitega 3000 m kõrgusele. 3000 m kõrgusele jõudes hakkab Sul valutama pea ning tunned väsimust. Tead, et kõrgmägedes on mägironija suurimaks takistuseks väiksem hapniku hulk. See võib põhjustada mäehaigust, mille sümptomiteks on peavalu, väsimus, nõrkus, peapööritus, isu puudumine, iiveldus, oksendamine ja häirunud uni. Siiski suudavad mõned rahvad kõrgmägedes elada, kuna neil on evolutsiooni käigus kinnistunud mitmed kohastumused väiksema hapnikuhulga juures elamiseks.

**1.3.1. Nimeta kolm kohastumust, mis on toimunud erinevatel rahvastel, kes elavad kõrgmägedes!**

(3 p)

- Suurem kopsumaht
- Hingetõmbed suurema mahuga
- Kõrgem hingamissagedus
- Veres rohkem punavereliblesid
- Hemoglobiini hulk punastes vererakkudes suurem
- Lämmastikoksiidi hulk veres kõrgem (NO on organismis signaalmolekul, mis soodustab veresoonte laienemist ja selle kaudu tagab parema verevarustuse)

Arvestus:

**1.3.2.** Milliste järgnevalt toodud riikide/territooriumide elanikel võiksid esineda kohastumused elamiseks kõrgmäestikes (definitsiooni järgi mäed kõrgusega üle 2400 meetri)? Märki tabelisse "+", kui kohastumused võiksid esineda ja "-", kui neid tõenäoliselt ei esine! (1,5 p)

| Leedu | Tšiili | Etioopia | Taani | Gröönimaa | Hiina |
|-------|--------|----------|-------|-----------|-------|
| -     | +      | +        | -     | -         | +     |

Arvestus:

**1.4.** Järgneval seitsmel päeval matkad sihikindlalt ülesmäge ja jõuad nädala lõpuks merepinnast 4200 meetri kõrgusele. Märkad, et seal ei kasva enam ühtegi puud. Seda nimetatakse metsapiiriks – sellest kõrgemal ei saa puud madala õhutemperatuuri ja veepuuduse tõttu kasvada. **Milline on õhutemperatuur 4200 m kõrgusel, kui Islamabadi lennujaamas (500 m kõrgusel merepinnast) on õhutemperatuur 27 °C?** Arvesta, et kõrguse kasvades 1 km võrra langeb õhutemperatuur keskmiselt 6,5 °C võrra. (1,5 p)

Kõrguste vahe on:  $4200 \text{ m} - 500 \text{ m} = 3700 \text{ m}$

Temperatuur 4200 m kõrgusel:  $27^{\circ}\text{C} - 3,7 \text{ km} \times 6,5^{\circ}\text{C}/\text{km} = 2,95^{\circ}\text{C} \approx 3^{\circ}\text{C}$

Arvestus:



**1.5.** Veel kaks päeva ülesmäge rühkimist ning jõuad K2 baaslaagrisse, mis asub 5100 m kõrgusel. Just siit alustavad mägironijad rasket ja ohtlikku ronimist mööda K2 järske ja jäiseid nõlvasid. Merepinna kõrgusel on ühes liitris õhus 0,01 mooli hapnikku. Kõrgusel 5100 meetrit on õhk 2 korda hõredam. **Mitme grammi võrra vähem hapnikku jõuab Su kopsudesse minutis absoluutkõrgusel 5100 m võrreldes merepinna kõrgusega?**

Arvesta selles ülesandes, et nii merepinna kõrgusel kui ka kõrgmägedes hingad ühe hingetõmbega sisse 0,5 liitrit õhku; hingamissagedus on merepinna kõrgusel 15 korda minutis ja 5100 m kõrgusel 22 korda minutis. (6 p)

Arvestus:

0 m kõrgusel:

Ühes minutis sissehingatava õhu ruumala:  $0,5 \text{ l} \times 15 = 7,5 \text{ l}$

Minuti jooksul sissehingatava hapniku moolide hulk:  $7,5 \text{ l} \times 0,01 \text{ mol/l} = 0,075 \text{ mol}$

Minuti jooksul sissehingatava hapniku mass:

Hapniku molekulis on kaks hapniku aatomit, seega hapniku molaarmass on:

$16 \times 2 = 32 \text{ g/mol}$

Hapniku mass on seega arvutatav kui:  $32 \text{ g/mol} \times 0,075 \text{ mol} = 2,4 \text{ g}$

5100 m kõrgusel:

Ühes minutis sissehingatava õhu ruumala:  $0,5 \text{ l} \times 22 = 11 \text{ l}$

Minuti jooksul sissehingatava hapniku moolide hulk:  $11 \text{ l} \times (0,01 \text{ mol/l} : 2) = 0,055 \text{ mol}$

Minuti jooksul sissehingatava hapniku mass:  $32 \text{ g/mol} \times 0,055 \text{ mol} = 1,76 \text{ g}$

Erinevus:  $2,4 - 1,76 = 0,64 \text{ g}$



**1.6.** Tunned, et oled pärast üheksa päeva kestnud rasket jalgsimatka, mis algas 3000 m kõrguselt, K2 baaslaagrisse jõudmiseks kulutanud palju energiat ja teeninud ära puhkepausi.

**1.6.1.** Kui arvestada ainult Sinu potentsiaalse energia muutmiseks tehtud tööd, siis kui palju oled jalgsi mäkketõusul seni energiat kulutanud? Raskuskiirendust võid lugeda konstantseks,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

Sinu mass koos varustusega on 70 kg. (4 p)

$\Delta E_p = mg\Delta h$

$\Delta h = 5100 \text{ m} - 3000 \text{ m} = 2100 \text{ m}$

$m = 70 \text{ kg}$

$\Delta E_p = 70 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 2100 \text{ m} = 1440600 \text{ J} = 1440,6 \text{ kJ} = 1,4 \text{ MJ}$

Arvestus:

**1.6.2.** Mitu banaani oleksid pidanud selle energiakoguse saamiseks ära sööma, kui üks banaan annab keskmiselt 105 kcal (kilokalorit) ja Sa tead, et  $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$ . (2,5 p)

Mäkketõusuks vajalik energia:

$1440600 \text{ J} : (4,2 \text{ J/cal}) = 343000 \text{ cal}$

Selleks vajalik banaanide kogus:

$343000 \text{ cal} : (105000 \text{ cal/banaan}) \approx 3,3 \text{ banaani} (\approx 3 \text{ banaani})$

Arvestus:



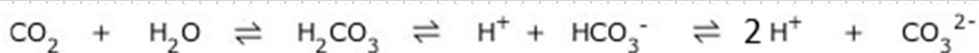
**1.6.3.** Reaalsuses kulutab Sinu keha mägironimisel oluliselt rohkem energiat, kui eelnevates ülesannetes leitud. **Nimeta veel kaks protsessi (lisaks tööle, mis on vaja teha keha potentsiaalse energia muutmiseks), mille peale Sa mägedes ronides energiat kulutad.** (2 p)

- Keha soojendamine, söödud toidu/vee soojendamine
- Töö keha horisontaalseks kulgemiseks (ronimine ei toimu ainult vertikaalselt üles)
- Organite tööks vajalik energia (süda, aju, kopsud jne)
- Puhkeolekus (magades) kuluv energia

Arvestus:

**1.7.** Pärast paaripäevast puhkust baaslaagris paned tähele, et hingeldad pidevalt, isegi puhkamise ajal. Hingeldamise abil üritab Su organism tasa teha hapniku madalat hulka õhus. Hingeldamisel on aga keha seisukohast veel üks kõrvalmõju – sellega väljub Su kehast rohkem süsihappegaasi kui rahulikult hingates.

**1.7.1.** Veres on suur osa transporditavast süsihappegaasist lahustunud kujul. **Kirjuta välja keemilise reaktsioonina  $\text{CO}_2$  reageerimine veega ja selle tulemusena tekkinud ühendi lagunemine ioonideks!** (3 p)



Arvestus:

**1.7.2.** Veres on lahustunud palju aineid, sealhulgas ioonid ja molekulid, mis vastutavad vere hape-alus tasakaalu eest, mis on ellujäämise seisukohast väga oluline. Seega võime verd vaadelda kui kindla happesusega lahust. Vere pH on veidike aluselisem täielikult neutraalsest pH-st (veri on peaaegu neutraalne).

**1.7.2.1.** Milline on neutraalne pH väärtus? (0,5 p)

7

Arvestus:



**1.7.2.2.** Kui lahuse pH on aluseline, siis selle pH väärtus on **suurem / väiksem** võrreldes neutraalsega (tõmba vale variant maha). (0,5 p)

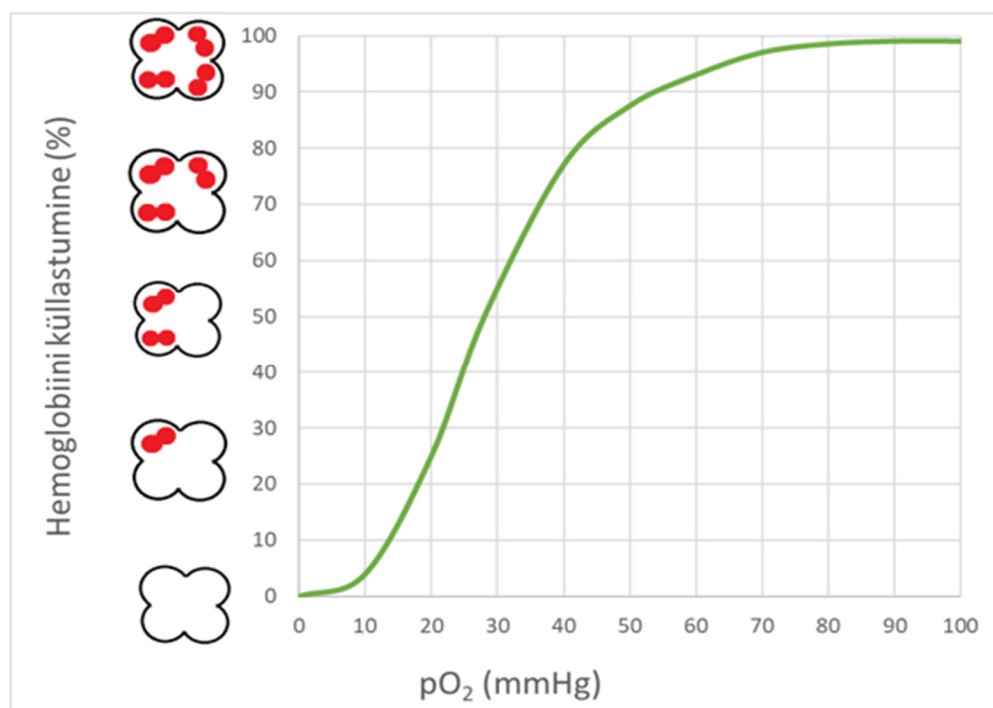
Arvestus:

**1.7.3.** Kui hingeldamisel väljub verest rohkem süsihappegaasi kui rahulikult hingates, siis kas veri muutub happelisemaks või aluselisemaks? Põhjenda! (2 p)

Aluselisemaks, sest kui veres on vähem lahustunud süsihappegaasi, tekib ka vähem selle lahustumisel ja dissotseerumisel vabanevaid  $H^+$  ioone, mis omakorda tähendab, et vere pH tõuseb.

Arvestus:

**1.8.** Oled juba nädal aega peatunud baaslaagris 5100 m kõrgusel. Tunned, et vaatamata hoolikale ettevalmistusele oli juba baaslaagrisse jõudmine Sinu jaoks suureks katsumuseks ning Su keha ei ole veel jõudnud aklimatiseeruda (kohaneda) vähese hapniku hulga. Baaslaagris puhates otsustad aega parajaks teha õppides, kuidas hapnikku inimese organismis transporditakse. Lahenda allolevad ülesanded, langetades otsuseid oma teadmiste ja järgnevalt toodud graafiku põhjal.





Sellel joonisel on näidatud, kuidas hapniku seondumine hemoglobiiniga sõltub hapniku hulgast veres. Hapniku hulka veres võib kujutada mitmeti, antud näites on seda kujutatud nn osarõhuna ( $pO_2$ , vaata seletust allpool). Üks hemoglobiini molekul (kujutatud graafiku y-telje kõrval valgena) võib siduda 0 kuni 4 hapniku molekuli (kujutatud punaste pallikestena). Graafiku y-telg näitab, kui võrd on hemoglobiin hapnikuga küllastunud (näiteks 50% = ühe hemoglobiini molekuliga on keskmiselt seotud kaks hapniku molekuli). x-teljel on toodud hapniku osarõhk veres ( $pO_2$ , mida mõõdetakse samades ühikutes atmosfäärirõhuga - mmHg ehk millimeetrit elavhõbedasammast). Näiteks kui õhurõhk on 760 mmHg ja hapnik moodustab õhus 21%, siis hapniku osarõhk õhus on  $760 \text{ mmHg} \cdot 0,21 = 160 \text{ mmHg}$ .

**1.8.1. Tutvu järgnevate väidetega ja tõmba igas väites vale variant igast paarist maha! (3 p)**

Hapnikku transpordib ~~vereliistakutes/punaverelibledes~~ paiknev ~~valk/polüsahhariid~~ nimega hemoglobiin. Hemoglobiin seob hapnikku ~~ninaõõnes/kopsudes~~ ning transpordib selle mööda organismi laiali, kus ~~lihaski ja närvirakkudele/kõikidele rakkudele~~ eluks vajalik hapnik vabaneb hemoglobiini küljest. Hapnikust isegi tugevamini seondub hemoglobiiniga ~~CO/N<sub>2</sub>~~ ning see on vingugaasimürgituse põhjuseks. Kui hapniku osarõhk veres langeb, siis hapnik ~~vabaneb hemoglobiini küljest/seondub hemoglobiiniga~~.

Arvestus:

**1.8.2. Milline on hemoglobiini hapnikuga küllastumise protsent, kui hapniku osarõhk veres on 100 mmHg? (0,5 p)**

~99% (graafikult lugemise lubatud viga  $\pm 1\%$ )

Arvestus:

**1.8.3. Milline on hemoglobiini hapnikuga küllastumise protsent, kui hapniku osarõhk veres on 35 mmHg? (0,5 p)**

~67% (graafikult lugemise lubatud viga  $\pm 1\%$ )

Arvestus:

**1.8.4. Otsusta, kumb olukord kahest eelpool mainitust (küsimused 1.8.2 ja 1.8.3) kirjeldab paremini hemoglobiini küllastumist ja hapniku osarõhku kopsudes ja kumb osarõhku ja hemoglobiini küllastumist säärelihases? Kirjuta vastava numbri taha kas K (kui osarõhk vastab kopsude omale) või S (kui osarõhk vastab säärelihase omale). (1 p)**

100 mmHg – K

35 mmHg – S

Arvestus:



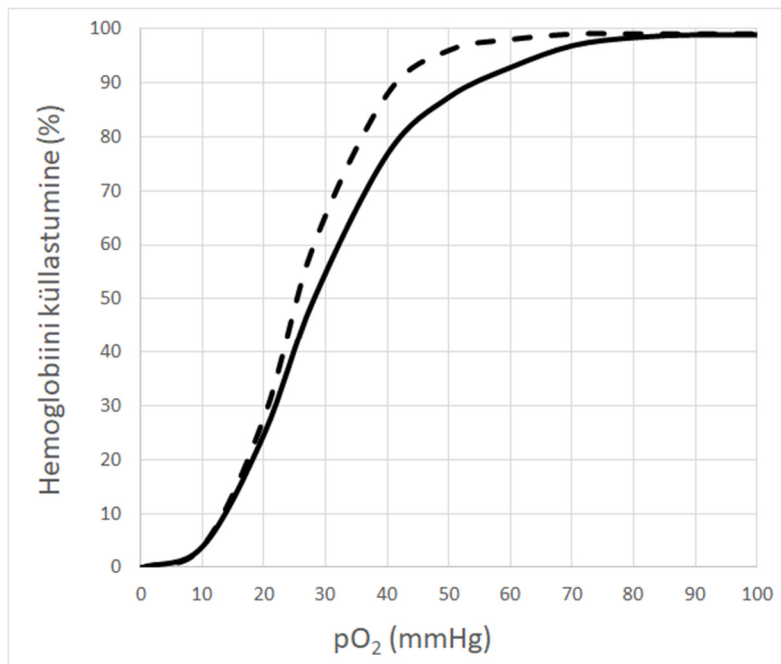


**1.8.5.** Kui hapniku osarõhk veres on alguses 100 mmHg ning seejärel langeb väärtuseni 35 mmHg, siis kas hapnikumolekulid seonduvad hemoglobiini molekulile või vabanevad selle küljest? (1 p)

vabanevad

Arvestus:

**1.8.6.** Allpool on toodud sarnane graafik, nagu oli ülesande 1.8 alguses, kuid nüüd on graafikul kujutatud kahe erineva looma hemoglobiini küllastumise sõltuvust hapniku osarõhust veres. **Kumb joon, kas katkend- või pidevjoon, kirjeldab sellise looma hemoglobiini, kes on kohastunud kõrgmägedes elamiseks? Seleta, miks sa nii arvad!** (2 p)



Katkendjoon, sest sel juhul on hemoglobiin võimeline sama hapniku osarõhu korral siduma keskmiselt rohkem hapniku molekule (pO<sub>2</sub> vahemikes 20–80 mmHg). Siinjuures on ühtaegu oluline, et hapnikku saab madalamate osarõhkude juures efektiivselt siduda ja samas ka selle vabastamine kudedes ei halvene. Kõrgmäestikes on hapniku osarõhk atmosfääris madalam, seega ka kõrgmägede loomade kopsudes/alveoolide verekapillaarides.

Arvestus:



**1.9.** Teed endale baaslaagris viibides tihti ise süüa ja märkad, et makaroniroog, mida oled harjunud endale keetma, ei taha hästi valmida. Makaronid jäävad kõvaks, kuigi keedad neid tavapärasest kauem. Avastad, et mäestikes elavad inimesed peavad toidu valmistamisel kohanema veel mitme raskusega.

**1.9.1. Tõmba järgnevas selgituses igast paarist valed variandid maha! (2,5 p)**

Makaroniroog ei valmi hästi, sest kõrgmäestikus on õhurõhk ~~madalam/kõrgem~~ kui merepinnal ja vee keemistemperatuur on selle tõttu iga 150 m tõusu kohta umbes 0,5 °C ~~madalam/kõrgem~~ kui merepinnal. Gaasilised ained paisuvad mäestikes ~~aeglasemalt/kiiremini~~ kui merepinnal, seetõttu kerkib tainas, millele on lisatud küpsetuspulbrit, ~~aeglasemalt/kiiremini~~ kui merepinnal. Küpsetuspulbrit võiks seetõttu mägedes kasutada tavapärasest ~~vähem/rohkem~~.

Arvestus:

**1.9.2.** Merepinnal on vee keemistemperatuur 100 °C. Kui kõrge on vee keemistemperatuur baaslaagris? (3 p)

Baaslaager on 5100 m kõrgusel merepinnast. Seega on vee keemistemperatuur seal tavapärasest

Δt võrra madalam:

Δt = 5100 m : (150 m : 0,5 °C) = 17 °C

Keemistemperatuur baaslaagris on t = 100 °C – 17 °C = 83 °C

Arvestus:

**1.9.3.** Nimeta üks moodus, kuidas vee keemistemperatuuri muuta, nii et makarone oleks baaslaagris natuke hõlpsam keeta? Põhjenda! (2 p)

- Lisa veele soola, sest lahuse keemistemperatuur on kõrgem kui puhtal veel.
- Kasuta rõhukeedupotti (suletud potti), et tõsta rõhku.

Arvestus:



**1.10.** Oma retke jooksul baaslaagrisse ja päevade jooksul, mida Sa laagris olles veedad, on Sul olnud võimalus jälgida kohalikku faunat ja võrrelda seda kodumaal tuttavate loomadega. Üks väga oluline tööloom, kellest sõltub suur osa kõrgmäestiku elust ja kelle abil liigutati ka suurt osa sinu ekspeditsiooni varustusest, on jakk.



Millised omadused, sealhulgas silmaga esmapilgul nähtamatud, võiksid eristada jakki ja Eestis elavat lehma? **Otsusta, kas järgnevalt toodud väited on õiged või valed. Märki "+" õige väite taha ja "-" vale väite taha.** (1 p)

| Väide                                                                                                                                                                              | +/- |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Jakil on lehmaga võrreldes suurem süda ja suurem kopsumaht.                                                                                                                        | +   |
| Jaki veri suudab hapnikku efektiivsemalt mööda keha laiali transportida.                                                                                                           | +   |
| Jakkide põhiline levila on sarnaselt lehmadele madalatel tasandikel, kuid inimese aretuse tulemusena on aretatud välja loomad, kes on võimelised kõrgmäestike tingimusi üle elama. | -   |
| Jakkidel on lehmadega võrreldes rohkem nahaalust rasva.                                                                                                                            | +   |

Arvestus:

**1.11.** Kuna kulutasid baaslaagris plaanitust kauem aega, mõtlesid K2 nägemiseks ja aja säästmiseks lennata otse helikopteriga mäe tippu. See osutus aga võimatuks, kuna kohalikud helikopterid nii kõrgele ei lennanud. **Mis takistab helikopteritel hõredas kõrgmäestikuõhus lendamist? Põhjenda!** (2 p)

- Kuna hapniku osarõhk on mäestikes madala õhurõhu tõttu väiksem, siis võib (vanemate) helikopterite mootoritel olla raske saada piisavalt hapnikku, et kütust põletada.
- Helikopterite tiivikulabad ei pruugi hõredas õhus tekitada piisavalt tõstejõudu.
- Kabiin võib olla survestamata ja piloot võib hapnikupuuduse tõttu minestada.

Arvestus:



**1.12.** Kuna helikopteriga edasi ei pääsenud, otsustasid enda võimete piires siiski baaslaagrist ise edasi rühkida, arvestades, et pead jätma jõudu ka teekonnaks tagasi. Ühel ilusal päeval jõuadki K2 tippu (võib-olla küll mitte esimesel katsel). Oled selleks puhuks kaasa võtnud Eesti lipu, et sellega mäetipus üks mälestusväärne pilt teha, ja ühe väikese 100 g kivikese baaslaagrist, mille kavatsed K2 tipust sümboolselt alla heita.

**1.12.1.** Mis on selle kivikese potentsiaalne energia baaslaagri suhtes? Raskuskiirendus loe konstantseks,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . (3,5 p)

$$\Delta E_p = mg\Delta h, m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$$

$$\Delta h = 8611 \text{ m} - 5100 \text{ m} = 3511 \text{ m}$$

$$\Delta E_p = 0,1 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 3511 \text{ m} = 3441 \text{ J} \approx 3400 \text{ J}$$

Arvestus:

**1.12.2.** Lased selle kivikese K2 tipust alla kukkuda. Mis juhtub? **Tõmba vale variant maha!** (1 p)

Kukkumise käigus kivikese potentsiaalne energia ~~kasvab~~/**kahaneb** ja samal ajal kineetiline energia ~~kasvab~~/**kahaneb**.

Arvestus:

**1.12.3.** Kui K2 tipp oleks otse baaslaagri kohal, siis mis kiirusega (km/h) tabaks kivike baaslaagris maapinda (õhutakistust arvestamata)? (6 p)

Õhutakistust arvestamata muutub kogu kivikese potentsiaalne energia (baaslaagri suhtes) kineetiliseks energiaks.

$$E_k = 3441 \text{ J}$$

$$E_k = mv^2/2$$

$$v^2 = 2E_k/m$$

$$v^2 = 2 \times 3441 \text{ J} / 0,1 \text{ kg} = 68820 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v = \sqrt{68820 \text{ m}^2/\text{s}^2} \approx 262 \text{ m/s} \approx 940 \text{ km/h}$$

Arvestus:



## Ülesanne 2: Männimets (95,25 p)

Noortalunik Reimo päris hiljuti 4 hektarit ilusat 70-aastast männikut, mis asub tema talu naaberkrundil. Tema esimene mõte oli mets kiirelt palkideks teha, aga peagi tabasid teda kõhklused. Talusse investeerimiseks oleks raha vaja, aga metsatukas elab palju loomi, kasvab mitmesuguseid marju, lapsed armastavad seal mängimas käia; ja puud võiksid veel kasvada... Reimo leidis, et asjaolusid tuleb põhjalikult kaaluda. Selleks kavatseb ta palgata laialdase loodusteadusliku pädevusega metsanõuniku. Et aga kogenud spetsialiste tööturul napib, siis otsustas ta vajaliku isiku leida tulevaste noorte loodusteadlaste seast. Selleks ühendas ta jõud loodusteaduste olümpiaadi tiimiga, et selgitada välja kõige nutikam noor ekspert. Järgnevate küsimuste abil pannakse proovile Su sobivus metsanõuniku ametisse ning aitad ka Reimol otsusele jõuda!

**2.1. Männi kasutamine.** Reimo on kuulnud, et lisaks palkidele ja laudadele saab inimene männipuust kasu veel mitmel viisil. Aga kuidas täpsemalt?

### 2.1.1.

- Kirjuta keskmisesse tulpa, mille tootmiseks kasutatakse männipuu erinevaid maapealseid osi!
- Parempoolsesse tulpa kirjuta „F“, kui vastava männisaaduse kasutamine põhineb eelkõige selle füüsikalisel omadusel, „K“, kui keemilisel omadusel, ja „B“, kui bioloogilisel omadusel.
- Juhul kui oskad veel nimetada inimesele kasulikke männipuu osi ja nende saadusi, siis jätkka tabelit, kasutades tühje ridu tabeli lõpus! Ära unusta täita ka kolmandat tulpa!



**NÄIDE tabeli 1. reas:** tüvest toodetakse ehituspuitu (palke, laudu jm), selleks kasutatakse peamiselt ära männipuidu mehaanilist tugevust, mis on füüsikaline omadus. (7 p)

Arvestus:

| Puu osa            | Mida sellest toodetakse?                                                  | Mis tüüpi omadust vastavat saadust tarbides peamiselt kasutatakse? (F - füüsikalist, K - keemilist, B - bioloogilist) |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tüvi (puit)</b> | <b>Ehituspuit: palgid, laud jm</b>                                        | <b>F</b>                                                                                                              |
| Käbid              | Seemnete saamiseks: uute männitaimede kasvatamine (puukoolid, istandused) | B                                                                                                                     |
| Okkad, kasvud      | Toidulisandid, ravipreparaadid (rikkad mineraalidest, vitamiinidest)      | B (K)                                                                                                                 |
| Oksad              | Hakkepuit, kütuseks                                                       | K                                                                                                                     |
| Tüvi (puit)        | Tselluloos, paberi tootmiseks                                             | F                                                                                                                     |
| Vaik               | Keemiatööstuse tooraine: tärpentin, kampol, terpeenid jm                  | K (F)                                                                                                                 |
| Koor               | Kooremultš; hakkepuit kütuseks                                            | F / K                                                                                                                 |
| Juuritud kännud    | Tõrva valmistamine (traditsiooniline meetod)                              | F (B)                                                                                                                 |



**2.1.2.** Männi juurtest üldjuhul midagi ei toodeta, aga elusa männipuu juurtele on leitud üks kindel kasutusala, mille tõttu istutatakse mände teatud paikadesse. **Mis kasutusala see on ja miks just mänd selleks hästi sobib?** (2 p)

Luidete jm nõlvade kinnistamine. Männi juured tungivad sügavale, lisaks kasvab see puu ka kehvemal (liivasel) pinnasel.

Arvestus:

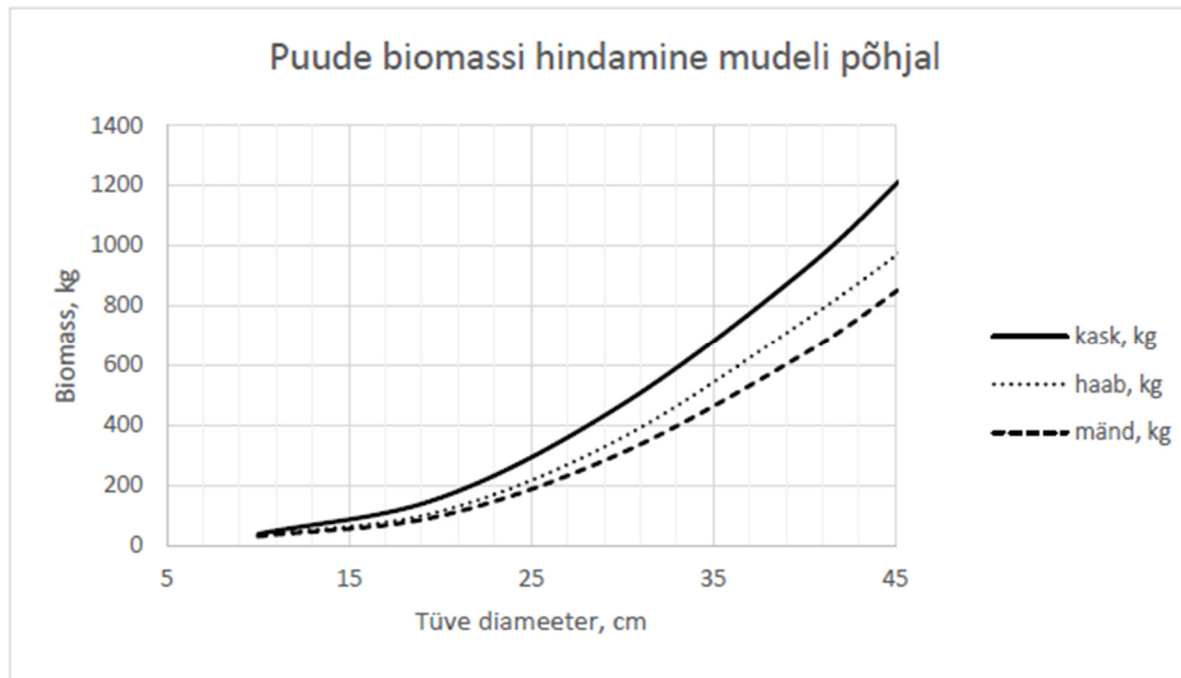
**2.2. Männipuu maapealsete osade biomass.** Äsja selgus sinu abiga, et lisaks tüvepuidule võivad tulu tuua ka männipuu teised osad. Seetõttu hakkas Reimot huvitama, kui palju mändis üldse biomassi sisaldub ja kuidas on see jaotunud puu erinevate osade vahel.

### 2.2.1. Keskmise männipuu biomass

Puudel on liigile iseloomulik kuju. Erinevatel liikidel jaotub biomass tüve, okste ja lehtede/okaste vahel erinevalt (Tabel 1). Paljude puude ülemõõtmise põhjal saab koostada mudeli puu biomassi leidmiseks. Üks selline mudel võimaldab ligikaudu hinnata puu maapealsete osade biomassi puutüve ümbermõõdu järgi 1,35 m kõrgusel. Mudeli põhjal koostatud graafik (Joonis 1) näitab tüve diameetri ja puu maapealsete osade biomassi seost kolme puuliigi jaoks.

**Tabel 1.** Biomassi jaotumine puu maapealsete osade vahel.

|                  | KASK | MÄND | KUUSK | TAMM |
|------------------|------|------|-------|------|
| Lehtedes/okastes | 2%   | 6%   | 6%    | 2%   |
| Tüves            | 80%  | 77%  | 77%   | 78%  |
| Okstes           | 18%  | 17%  | 17%   | 20%  |



**Joonis 1.** Puude maapealse osa biomassi sõltuvus tüve ümbermõõdust (135 cm kõrgusel).

Reimo mõõtis 135 cm kõrguselt ära oma metsa 10 juhuslikult valitud männipuu ümbermõõdud, mis olid 87, 115, 95, 84, 78, 98, 109, 95, 82 ja 87 cm. **Hinda graafiku abil Reimo metsas kasvava keskmise männipuu biomassi kilogrammides, kasutades Reimolt saadud andmeid.** (3,5 p)

Puude keskmine ümbermõõt (aritmeetilise keskmise valemist):

$$P_k = (87 + 115 + 95 + 84 + 78 + 98 + 109 + 95 + 82 + 87) : 10 = 93 \text{ cm}$$

Tüvede keskmine diameeter (ringjoone pikkuse valemist):

$$P_k = \pi d_k \rightarrow d_k = P_k / \pi$$

$$d = 93 \text{ cm} : 3,14 = 30 \text{ cm}$$

Graafikult määratud keskmine puu biomass:

$$m = 310 \text{ kg (õigeks loetakse vahemik 290–330 kg)}$$

**Männipuu keskmine biomass  $m = 310$  kg**

Arvestus:





**2.2.2. Kui suur on Reimo metsa neljal hektaril kasvavate mändide biomass kokku, kui saja ruutmeetri kohta kasvab keskmiselt 6 puud? Juhul kui keskmise männipuu biomass jäi eelnevalt leidmata, võid kasutada männipuu massi 370 kg (see ei ole ülesande 2.2.1. õige vastus). (4 p)**

Puude arv hektari kohta:

$$1 \text{ hektar} = 10^4 \text{ m}^2 = 10\,000 \text{ m}^2$$

Ristkorutus:

100 m<sup>2</sup> kohta kasvab 6 puud

10 000 m<sup>2</sup> kohta kasvab n puud

$$n = 10\,000 \text{ m}^2 \times 6 / 100 \text{ m}^2 = 600 \text{ puud hektaril}$$

Puid metsas kokku:  $n = 600 \text{ puud/ha} \times 4 \text{ ha} = 2400 \text{ puud}$

Puude biomass:  $M = mn$  (m – männipuu keskmine mass)

$$M = 2400 \times 310 \text{ kg} = 744\,000 \text{ kg} = 744 \text{ t (õigeks loetakse vahemik 696–792 t)}$$

Arvestus:

Reimo metsas on biomassi kokku  $M = 744$  tonni.

**2.2.3. Mitu tonni palke (tüvesid) ja mitu tonni oksi saaks Reimo kogu metsa langetamisel? Kasuta Tabeli 1 andmeid! (3 p)**

Palke saab kokku:

$$M_{\text{palgid}} = 0.77 \times 744 = 573 \text{ tonni (õige vahemik 536–610 t)}$$

Oksi saab kokku:

$$M_{\text{oksad}} = 0.17 \times 744 = 127 \text{ tonni (õige vahemik 118–135 t)}$$

Arvestus:

Palke saab kokku  $M_{\text{palgid}} = 573$  tonni

Oksi saab kokku  $M_{\text{oksad}} = 127$  tonni



**2.2.4. Miks on sama tüveümberruumala kaskede biomass suurem kui mändide oma? (1 p)**

Sest kasepuidu tihedus on suurem kui männipuidul.

Arvestus:

**2.3. Tulu männipuidu müügist.** Nüüd, mil palkide ja okste massid on teada, huvitab Reimot võimalik tulu nende müümisest.

**2.3.1. Kui palju raha saaks Reimo oma männikust lõigatud puidu eest, kui palkide ja okste keskmine ostuhind on 54 eurot tihumeetri eest? Üks tihumeeter on puidumass, mille ruumala on 1 m<sup>3</sup>. Kuiva männipuidu tiheduseks loetakse 520 kg/m<sup>3</sup>. (4 p)**

Palkide ja okste puidumassi ruumala (tihedalt pakituna):

$$V = (m_{\text{palkid}} + m_{\text{oksad}}) / \rho_{\text{puit}} = (573000 \text{ kg} + 127000 \text{ kg}) / 520 \text{ kg/m}^3 = 1346 \text{ m}^3 \approx 1350 \text{ m}^3$$

(õige vahemik: 1258–1432 m<sup>3</sup>)

Puidu müümisest saadav raha:

$$1346 \times 54 \approx 72700 \text{ eurot (õige vahemik: 67991–77369 €)}$$

Metsast saadud puidu kogus on **1350** tihumeetrit.

Palkide ja okste müümisel saadav summa on **72 700** eurot.

Arvestus:



**2.4. Männi ja kuuse võrdlus.** Kuulnud Reimo tõsistest plaanidest metsamajanduse vallas, pakkus sõber talle müügiks oma väikest metsamaad, kus kasvab kuusik. Seda ostu saaks rahastada männikust saadava tulu abil, ja raha jääks ülegi. Aga Reimo mõistis, et edasiste sammude üle otsustamiseks on tal esmalt vaja teadmisi mõlema puuliigi kohta.

**2.4.1. Märki tabelisse ristikestega, kas väide kehtib hariliku männi või hariliku kuuse kohta (märki sobiva puu lahter), nende mõlema kohta (märki nii männi kui kuuse lahtrid) või ei kehti kummagi kohta (märki kolmas lahter). (5 p)**

|     |                                                              |  |  |  |
|-----|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Ühekojaline, tuultolmlev taim.                               | x                                                                                   | x                                                                                   |                                                                                     |
| 2.  | Talub hästi nii kuivust kui ka liigniiskust.                 | x                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |
| 3.  | Kasvab hästi ka madala pH-ga muldadel.                       | x                                                                                   | x                                                                                   |                                                                                     |
| 4.  | Tormi korral tiritakse sageli maast välja koos juurtega.     |                                                                                     | x                                                                                   |                                                                                     |
| 5.  | Talub hästi varju.                                           |                                                                                     | x                                                                                   |                                                                                     |
| 6.  | Maaailma kõrgeim selle liigi esindaja kasvab Eestis.         | x                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |
| 7.  | Küllaltki hea vastupidavus happesademetele.                  |                                                                                     |                                                                                     | x                                                                                   |
| 8.  | Kuulub Eesti kolme levinuima puuliigi hulka.                 | x                                                                                   | x                                                                                   |                                                                                     |
| 9.  | Selle puuliigi puistutes on vähe alustaimestikku.            |                                                                                     | x                                                                                   |                                                                                     |
| 10. | Selle puu nime kannavad riisikas, puravik, käbilind, öölane. | x                                                                                   | x                                                                                   |                                                                                     |

Arvestus:

**2.5. Nõmme- ja rabamännik.** Reimo päranduseks saadud ilus ja sihvakas nõmmemets kasvab vanadel liivaväljadel ja luidetel. Teisel pool talu laiuvast soostunud alal kasvava rabamänniku puud on aga kidurad ja ka muu elustik on seal teistsugune. Reimo soovis põhjalikult tundma õppida mõlema metsakoosluse eripärasid.

**2.5.1. Osa järgnevalt loetletud organisme on iseloomulikud nõmmemännikule, osa rabamännikule, mõni võib elada mõlemas koosluses, aga mõni ei ela mitte kummaski. Igale liigile vastab kindel täht. Kirjuta kummalegi kooslusele omastele liikidele vastavad tähed selle koosluse alla! (6 p)**



|                                                                                   |                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| <b>Nõmmemännik</b>                                                                | <b>Rabamännik</b>                                                                  |
| <b>A</b> <b>B</b> <b>D</b> <b>G</b> <b>I</b> <b>K</b>                             | <b>A</b> <b>B</b> <b>C</b> <b>E</b> <b>H</b> <b>L</b>                              |

Arvestus:

A – kukemari, B – kanarbik, C – küüvits, D – leesikas, E – tupp-villpea, F – jänesekapsas,  
G – Islandi käokõrv, H – turbasamblad, I – liivikad, J – metsmaasikas, K – kassikäpp, L – kiilid

**2.5.2. Märki iga väite järelle, kas see on tõene (+) või väär (-). (5 p)**

|          |                                                                                                             |   |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>A</b> | Rabamännikuid läbivate ojade vool on reeglina suunatud rabamännikust välja.                                 | + |
| <b>B</b> | Nõmmemännikut iseloomustab võrdlemisi ühtlane (lausaline) puhmarinne.                                       | + |
| <b>C</b> | Nii raba- kui nõmmemännikule on omane taimekasvu soodustavate mineraalsete ühendite vähesus pinnases.       | + |
| <b>D</b> | Nõmmemänniku taimed on sageli veepuuduses, kuna seal on vee pinnasesse imendumine raskendatud.              | - |
| <b>E</b> | Looduslikus olekus rabamännik aitab vähendada süsihappegaasi hulka atmosfääris.                             | + |
| <b>F</b> | Rabamännikust saab seeneline enamasti suurema saagi kui nõmmemännikust.                                     | - |
| <b>G</b> | Erinevalt kuivadest nõmmemännikutest puudub rabamännikutes põlengute oht.                                   | - |
| <b>H</b> | Nii nõmme- kui rabamännikud on Eesti looduslike koosluste seas eriti hinnalised oma suure elurikkuse tõttu. | - |
| <b>I</b> | Rabamännikud on metsamajanduse seisukohast pigem vähese väärtusega.                                         | + |
| <b>J</b> | Nõmmemännikuis peaaegu puudub sambla-samblikurinne.                                                         | - |

Arvestus:



**2.5.3.** Nõmmemetsad on iseloomulikud liivastele rannikualadele, kasvades sageli luidetel. Nõnda on ka Reimo männikuga. Aga Eestis leidub kohati üsna ulatuslikke nõmmemetsi ka rannikust kaugel sisemaal. Kuidas on see võimalik? **Märgi kaks õigemat vastust tabelis ristikesega!** (2 p)

|   |                                                                                         |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|   | Seal paljandub aluspõhjaks olev liivakivi sisuliselt otse maapinnal.                    |
| × | Seal leidub luiteid ajast, mil meri ulatus praegusestunduvalt kaugemale.                |
|   | Kuivema kliimaga aladel võivad nõmmemetsad kasvada ka savikal pinnasel.                 |
| × | Sinna on liivaseid setteid sattunud mandrijää kulutava ja setitava tegevuse tulemusena. |
|   | Tegu on järvede ja jõgede liivaste kallastega.                                          |

Arvestus:

**2.5.4.** Kuidas võis tekkida metsastunud liivaluidete vahel asuv raba, mida nüüd katab rabamännik? (2 p)

Tõenäolisim põhjus: jääajajärgse maatõusu tulemusena kaotas lahesopp ühenduse merega, tekkis nn jäänukjärv, mis hiljem eutrofeerus, kasvas kinni ja muutus rabaks. (Punkte saab ka muude loodusteaduslikus mõttes usutavate vastuste eest.)

Arvestus:

**2.6. Kahjustatud männipuu.** Reimo leidis oma männimetsast terve hulga kummaliste kahjustustega puid.

**2.6.1.** Mis on juhtunud pildil oleva männipuuga? (1 p)

Puud on vaigutatud (tüvesse lõigatud kalasabamuster, nn karr, vaigu kogumiseks).



Arvestus:



**2.6.2.** Millal on pildil olev kahjustus puule tekkinud? Märki üks õige vastus tabelis ristikesega! (1 p)

|   |                                          |
|---|------------------------------------------|
|   | Vähem kui aasta enne pildistamist        |
|   | Mõni aasta enne pildistamist             |
| × | Mõnikümmend aastat enne pildistamist     |
|   | Seemnest võrsunud männiidu kahjustumisel |

Arvestus:

**2.7. Männivaik.** Reimo tunneb huvi männivaigu omaduste vastu, kuna on kuulnud, et vanarahvas leidis sellele mitmeid kasutusalasid.

**2.7.1. Märki tabelisse, millised neist on männivaigu omadused (+) ja millised mitte (-). (2,5 p)**

|                                                |   |                                    |   |
|------------------------------------------------|---|------------------------------------|---|
| Tugev lõhn                                     | + | Tugev nakkuvus erinevate pindadega | + |
| Vähene viskoossus ehk hea voolavus             | - | Kindel sulamistemperatuur          | - |
| Väga mitmekesine keemiline koostis             | + | Värvuse puudumine                  | - |
| Ei sisalda lenduvaid ühendeid                  | - | Sisaldub kõigis männi rakkudes     | - |
| Sisaldab haigusetekiitajate vastaseid ühendeid | + | Vees mittelahustuv                 | + |

Arvestus:

**2.7.2. Miks on männivaiku juba ammustest aegadest kasutatud märksa rohkem kui kuusevaiku, ehkki nende vaikude omadused on küllaltki sarnased? (1 p)**

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| Mänd eritab tunduvalt rohkem vaiku kui kuusk. |
|-----------------------------------------------|

Arvestus:



**2.8. Männitüve ristlõige.** Metsas tormikahjustusi kõrvaldades jäi Reimole silma äsja tükeldatud männitüve ristlõige. Talle meenus, et kevadel kasvanud puidurakud on heledamad kui hilisema kasvuperioodi rakud.

**2.8.1. Kuidas nimetatakse männitüve ristlõikel nähtavaid erineva paksusega ringjooni? (0,5 p)**

|                           |
|---------------------------|
| Aastarõngad (aastaringid) |
|---------------------------|



Arvestus:

**2.8.2. Millist infot võime neist joontest saada? Too välja kaks võimalust. Kummagi puhul kirjuta, millist üldisemat laadi infot on võimalik männitüve ristlõikest välja lugeda ja kuidas toimub vastava info "lugemine"! (4 p)**

|   | Puu ristlõike uurimisel saadav info                                                     | Kuida seda ristlõikelt „loetakse“?                                                                                                                         |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Puu vanuse määramine.                                                                   | Loeme aastarõngad kokku (tumedam + heledam rõngas = 1 aasta puu vanust).                                                                                   |
| 2 | Järelduste tegemine männi kasvutingimuste (kohalike ilmastikuolude) kohta eri aastatel. | Aastarõnga paksus näitab, kui soodne oli ilmastik sel aastal puu kasvuperioodil. Saab ka vaadelda täpsemalt ühe aasta kaht perioodi (kevad- ja hilispuit). |

Arvestus:

3. Vanade puitehitiste, -esemete, jm vanuse määramine (dendrokronoloogiline dateerimismeetod). Kõrvutatakse erinevate puude aastarõngaste paksusi, saades nii iga paikkonna jaoks ajas kaugale tagasi ulatuv võrdluskala.

**2.9. Männipuidu keemiline koostis.** Reimo lemmikaineks oli koolis keemia ja seetõttu soovib ta, et tema metsanõunik oleks hästi kursis männipuidu koostisega.

**2.9.1.** Eesti Maaülikooli teadlaste (Pikk, J., Kask, R., 2014) andmetel koosneb kuiv männipuit massiprotsendi järgi 49,5% süsinikust, 6,5% vesinikust ja 43,2% hapnikust, vähesel määral leidub ka lämmastikku ja teisi elemente. Aga millise keemilise elemendi aatomeid on männipuidus nende kolme hulgast kõige rohkem ning millise elemendi omi kõige vähem? Tee vasakpoolses kastis vajalikud arvutused ja järjestaja paremal kolm peamist männipuidus leiduvat keemilist elementi aatomite arvu järgi (kirjuta kastidesse elementide sümbolid õiges järjekorras)! Avogadro arv  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$  1/mol (1 moolis aines sisaldub  $6,02 \times 10^{23}$  osakest). (6,25 p)



Kui võtame 100 g puitu, siis  $m(\text{C}) = 49,5 \text{ g}$ ,  $m(\text{H}) = 6,5 \text{ g}$  ja  $m(\text{O}) = 43,2 \text{ g}$ .

Moolide arv:  $n = m/M = N/N_A$

$M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$

Elementide aatomite arvud:

$N = m \times N_A / M$

$N(\text{C}) = 49,5 \text{ g} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ 1/mol} : 12 \text{ g/mol} \approx 24 \times 10^{23} = 2,4 \times 10^{24}$  aatomit

$N(\text{H}) = 6,5 \text{ g} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ 1/mol} : 1 \text{ g/mol} \approx 39 \times 10^{23} = 3,9 \times 10^{24}$  aatomit

$N(\text{O}) = 43,2 \text{ g} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ 1/mol} : 16 \text{ g/mol} \approx 16 \times 10^{23} = 1,6 \times 10^{24}$  aatomit

|    |   |
|----|---|
| 1. | H |
| 2. | C |
| 3. | O |

Arvestus:

**2.9.2.** Männipuidu kolm peamist koostisosa on orgaanilised ühendid tselluloos, hemitselluloos ja ligniin. Kõige rohkem on männipuidus (nagu ka üldse kõigis taimedes) tselluloosi: 45% puidu kogumassist. Taimede rakukestades pikki kiude moodustav tselluloos on paljudest ühesugustest, keemiliste sidemetega seotud molekulilülidest (monomeerühikutest) koosnev orgaaniline ühend (polümeer). Ühe tselluloosi monomeerühiku keemiline valem on  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ . **Millist keemilist elementi leidub tselluloosi molekulis massilt kõige rohkem ja millist kõige vähem? Tee vasakpoolses kastis vajalikud arvutused ja järjestaja paremal tselluloosi molekulis leiduvad keemilised elemendid massiprotsendi järgi (kirjuta kastidesse elementide sümbolid õiges järjekorras)! (4,5 p)**

Vaatleme tselluloosi kui polümeeri monomeerühikut  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$

$M(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 6 \times 12 + 10 \times 1 + 5 \times 16 = 162 \text{ g/mol}$  (1 p)

Elemendi % aines = elemendi aatomite mass aine molekulis  $\times 100\% / M$  (aine)

$P(\text{C}) = 6 \times 12 \text{ g/mol} \times 100\% : 162 \text{ g/mol} \approx 44\%$

$P(\text{H}) = 10 \times 1 \text{ g/mol} \times 100\% : 162 \text{ g/mol} \approx 6\%$

$P(\text{O}) = 5 \times 16 \text{ g/mol} \times 100\% : 162 \text{ g/mol} \approx 49\%$

|    |   |
|----|---|
| 1. | O |
| 2. | C |
| 3. | H |

Arvestus:





**2.10. Männioksad kütteks.** Männipuidu suur süsinikusisaldus muudab selle heaks kütuseks. Reimo kaalub võimalust metsa langetamise korral palgid maha müüa, aga jätta oksad endale, et nendega taluhooneid kütta.

**2.10.1 Mitu täistalve saaks Reimo oma metsatukast saadud okstega taluhooneid kütta, kui talve jooksul kulub kütmiseks keskmiselt 28000 kWh soojusenergiat?** Männipuidu keskmine kütteväärtus on 14 MJ/kg. Okste massi leidsid loodetavasti juba ülesandes 2.2.3, aga kui see ei õnnestunud, siis võid siin võtta okste massiks 165 tonni (see ei ole ülesande 2.2.3. õige vastus). (4,5 p)

Okste põletamisel saadav soojusenergia:

$$E_{\text{oksad}} = 127000 \text{ kg} \times 14 \text{ MJ/kg} = 1778000 \text{ MJ} \approx 1,8 \times 10^6 \text{ MJ} \approx 1800 \text{ GJ} \text{ (õige vahemik 1700–1900 GJ)}$$

Talveks vajalik soojusenergia:

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$E_{\text{talveks}} = 2,8 \times 10^4 \text{ kWh} = 2,8 \times 10^4 \times 3,6 \times 10^6 \text{ J} = 10,08 \times 10^{10} \text{ J} = 1,01 \times 10^{11} \text{ J} = 1,01 \times 10^5 \text{ MJ}$$

Mitu talve saab kütta:

$$E_{\text{oksad}}/E_{\text{talveks}} = 1,78 \times 10^6 \text{ MJ} / 1,01 \times 10^5 \text{ MJ} = 17,6 \text{ talve ehk 17 täistalve (õige vahemik 16–19)}$$

Soojusenergia okste põletamisest:  $E = 1800 \text{ GJ}$

See energia katab **17** talve küttevajaduse.

Arvestus:

**2.10.2.** Okste põletamisega kaasneb paratamatult põlemisjääkide sattumine atmosfääri. Teeme lihtsustuse, et sealjuures põleb ära kogu okstes sisalduv süsinik, ühinedes hapnikuga järgneva summaarse võrrandi kohaselt:  $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 \uparrow$ . Eelda, et põletatavate okste süsinikusisaldus on võrdne kuiva männipuidu omaga. **Mitu tonni vabaneb Reimo metsast saadud okste põletamisel süsihappegaasi?** (4,5 p)

Okste biomassis sisalduv süsinik:  $m(\text{C}) = 0,495 \times 127 \text{ tonni} = 62,6 \text{ t}$  (õige vahemik 58,5–66,6 t)

Võrrandi järgi eraldub 1 mooli süsiniku reageerimisel 1 mooli hapnikuga 1 mool süsihappegaasi.

Molaarmassid:  $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{O}_2) = 32 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$

12 g C põlemisel lendub 44 g  $\text{CO}_2$

62,6 t C põlemisel lendub  $x \text{ t CO}_2$   $x = 230 \text{ tonni CO}_2$  lendub okste põletamisel  
(õige vahemik 214–244 t)

Reimo metsa okste põletamisel vabaneb **230** tonni süsihappegaasi

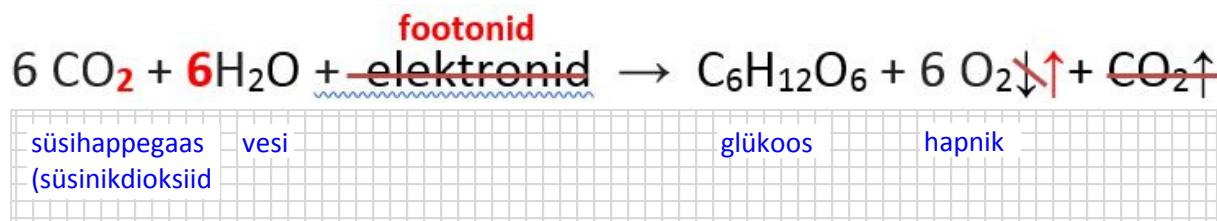
Arvestus:



## 2.11. Mänd ja fotosüntees

Reimo männik, sarnaselt kõigile teistele metsadele, toimib kui varjatud kõrgtehnoloogiline keemiatehas, kus maapinnast ja õhust saadavatest lihtsatest ainetest valmib suur hulk keerukaid orgaanilisi ühendeid.

**2.11.1.** Eelmine metsanõuniku kandidaat oli Reimole proovitöös kirjutanud alltoodud fotosünteesi võrrandi, mispeale Reimo ta viisakalt minema saatis, sest võrrandis oli tervelt viis viga! **Paranda fotosünteesi üldvõrrandis olevad vead ja kirjuta parandatud võrrandi alla kõigi õigete ainete keemilised nimetused!** (4,5 p)



**2.11.2.** Kirjelda üht fotosünteesiga seonduvat erinevust Reimo männiku ja naabruses asuva kaasiku vahel. (2 p)

Mändidel säilib fotosünteesi "aparaat" aastaringselt ja fotosünteesimise periood on pikem (kuigi talvel miinuskraadidega fotosünteesi praktiliselt ei toimu, sest okkad on külmunud).

Arvestus:

**2.11.3.** Ulatuslik nafta, maagaasi jt fossiilsete kütuste põletamine on globaalsele keskkonnale üldiselt ohtlik, aga sellel on samaaegselt kaks soodsat, omavahel seotud mõju enamiku taimede, sealjuures tõenäoliselt ka Reimo männiku kasvule. **Millised need on?** (2 p)

- CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni kasv atmosfääris kiirendab fotosünteesi (taimekasvu).
- CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni kasvust tingitud globaalse temperatuuri tõus omakorda kiirendab fotosünteesi (taimekasvu).

Arvestus:



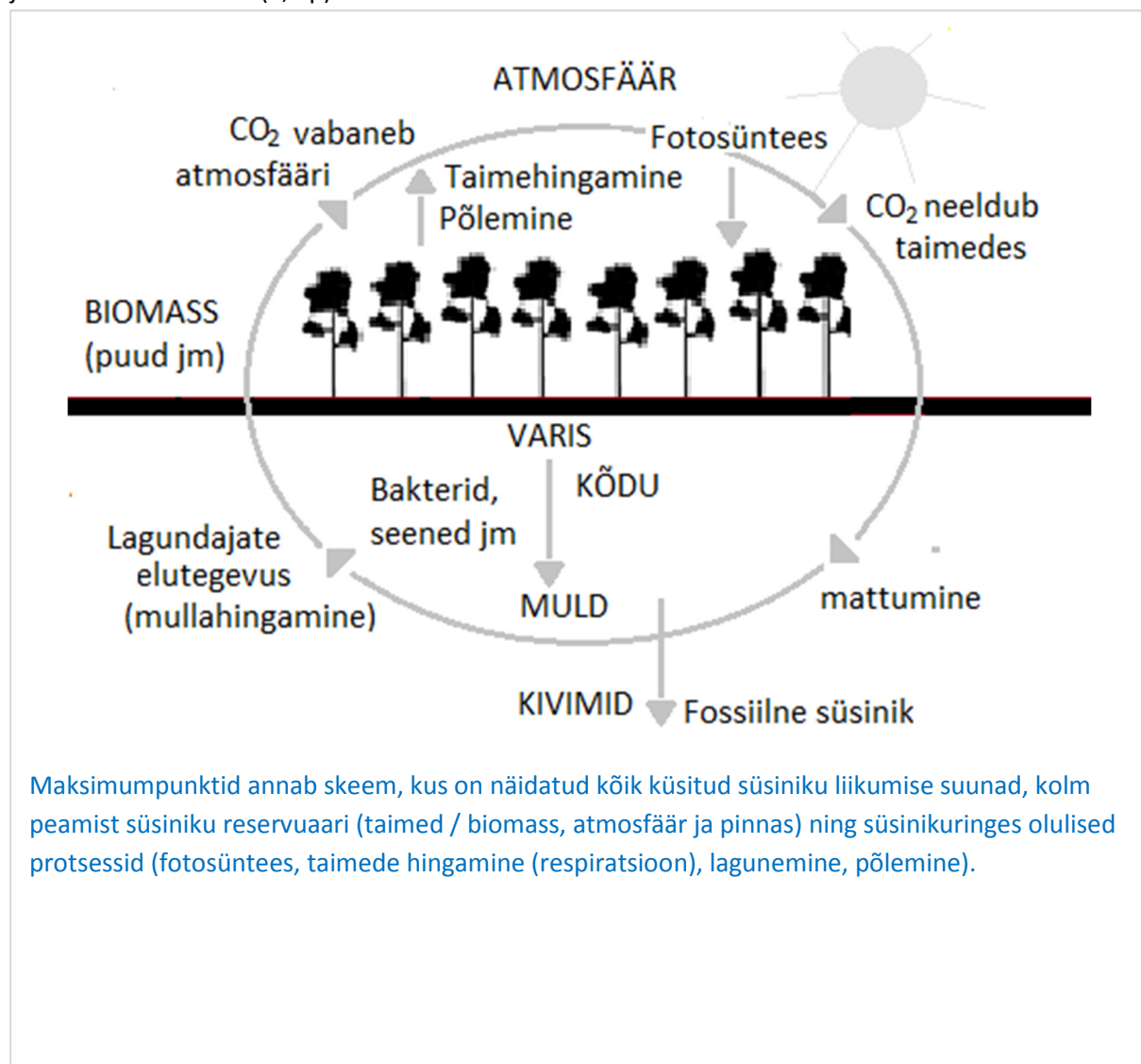
**2.11.4. Pane kirja kaks fossiilsete kütuste põletamise võimalikku negatiivset mõju Reimo männikule, mis võivad eelkirjeldatud positiivsed mõjud tühistada! (2 p)**

1. Kliima ebastabiilsemaks muutumine: ebaharilike ilmastikunähtuste (tormid, põuad jm) sagenemine, mis võivad metsa kahjustada.
2. Võõrliikide, sh metsakahjurite lisandumine lõuna poolt seoses kliima soojenemisega. Kaugemas tulevikus võib kliimasoojenemisest tingitud polaarjää sulamise tõttu tekkiv maailmamere taseme tugev tõus rannikuäärsed maismaa-alad üle ujutada.

Arvestus:

**2.12. Metsa ja taimestiku süsinikuringe.** Reimo männimets, nagu ka kõik ülejäänud looduslikud kooslused, on osaks Maa süsinikuringes.

**2.12.1 Joonista skeem süsiniku ringlusest atmosfääri, metsa ja mulla vahel.** Näita, milliste protsesside kaudu süsinik liigub atmosfäärist taimestikku, taimestikust atmosfääri, taimestikust mulda ja mullast atmosfääri. (4,5 p)



Arvestus:

Maksimumpunktid annab skeem, kus on näidatud kõik küsitud süsiniku liikumise suunad, kolm peamist süsiniku reservuaari (taimed / biomass, atmosfäär ja pinnas) ning süsinikuringes olulised protsessid (fotosüntees, taimede hingamine (respiratsioon), lagunemine, põlemine).



**2.13.** Arvestades tehtud eeltööd ja oma eelteadmisi, pane Reimo jaoks kirja võimalused/kasud ja riskid/kahjud, mis võiksid kaasneda nii metsa mahavõtmisega kui raiumata jätmisega. Sellega aitad Reimol langetada igati läbikaalutud otsuse.

**2.13.1. Loetle metsa langetamise plusse ja miinuseid! (3 p)**

| Saadav kasu ja uued võimalused                                                                                               | Kahjud ja riskid                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Korraga saadav suur hulk raha on võimalik investeerida talu majandustegevusse, äri edendamine.                               | Ei jätku tööjõudu metsa taastamiseks ja noore metsa hooldamiseks.                                    |
| Isikliku elujärje parandamine (nt asjade ostmine, reisimine jm).                                                             | Raha väärtuse langus inflatsiooni tõttu, kui ei õnnestu suurele rahasummale kiirelt rakendust leida. |
| Istutada noor mets, raiesmikult saab marju ning tekib uus soodne elupaik paljudele liikidele.<br><br>(Veel palju võimalusi.) | Ilusa metsa, liigirikka elupaiga häving.<br><br>(Veel palju võimalusi.)                              |

Arvestus:

**2.13.2. Loetle metsa kasvama jätmise plusse ja miinuseid! (3 p)**

| Saadav kasu ja uued võimalused                                                                                     | Kahjud ja riskid                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 aasta pärast võib saada metsast suuremat tulu, kui puitu juurde kasvab. Lisaks võib puidu hind vahepeal tõusta. | Mets võib hävida või selle väärtus langeda haiguste, põlengu või tormi tõttu          |
| Vahepeal saab metsast seeni ja marju; nautida metsa ilu ja lõõgastavat toimet.                                     | Puidu turuhind võib mingil põhjusel langeda                                           |
| Säilib väljakujunenud kooslus iseloomulike taime-, linnu-, putuka- jm liikidega.<br><br>(Veel palju võimalusi.)    | Talupidamises vajalikud investeeringud lükkuvad edasi.<br><br>(Veel palju võimalusi.) |

Arvestus:

Täname olümpiaadil osalemast!

**Palume, et annaksid oma hinnangu piirkonnavoorele meie veebilehel [teaduskool.ut.ee](http://teaduskool.ut.ee)**

Siis oskame olümpiaadi paremaks teha. Vastajate vahel loosime välja auhindu!

**NB!** Samast leiad ka kõigi ülesannete eeldatud lahendused!