



Eesti loodusteaduste olümpiaad

piirkonnavaor

LAHENDUSED

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!
- Valikvastuseliste ülesannete hindamisel arvestame õigete ja valede valikute osakaalu!

Ülesanne 1: Ümbermaailmareis (48 p)

Rühm Eesti noori aktiivseid loodusteadlasi startis sponsorite toel mootorjahiga Eagle ümbermaailmareisile, et teha vaatlusi ja uuringuid ning koguda ideid uuteks avastusteks. Lisaks on seiklus mõeldud kasvatama eestlaste teadusehuvi: reisiblogi ja Facebooki kaudu jagatakse infot retkel kogetavast ning tutvustatakse selle käigus läbiviidavaid teadusuuringuid. Noorte huviliste innustamiseks koostab reisitiim ka reisiga seotud loodusteaduslikke ülesandeid, mille lahendajaid ootavad väärt auhinnad. Muuhulgas tehakse koostööd loodusteaduste olümpiaadi korraldajatega. Siin ongi valik ülesandeid Eagle'i tiimilt. Juhul kui mõni teema tundub Sulle võõras, ära heida meelt, vaid loe hoolikalt ülesande teksti ning püüa kasutada loogikat ja loodusteaduslikke üldteadmisi!

1.1. Esmalt paneme proovile üldised teadmised maailmamere kohta. **Hinda maailmamere kohta käivate väidete paikapidavust! Tõese väite järel olevasse lahtrisse kirjuta JAH, vale väite korral EI!** (6,5 p)

	JAH/EI
A. Maailmamere keskmine soolsus on 35%.	EI
B. Troopikavööndisse jäävad ookeanialad on väiksema soolsusega kui ekvatoriaalses vööndis paiknevad ookeanialad.	EI
C. Troopilistes meredes on vee tihedus sama soolsuse juures väiksem kui polaarmeredes.	JAH
D. Ookeanis elavatel kaladel tuleb vertikaalsuunaliseks liikumiseks (1 meetri kohta) kulutada rohkem energiat kui mageveekaladel.	JAH
E. Külmad hoovused muudavad kohaliku kliima niiskemaks, sest soodustavad pilvede teket.	EI



F. Külmade hoovuste piirkonnad ookeanis on liigirikkamad, sest seal on rohkem vees lahustunud hapnikku, mida organismid eluks vajavad.	JAH
G. Maailmamere keskkond on keemilises mõttes kergelt aluseline, aga on muutumas happelisemaks.	JAH
H. Maailmamere kaitsmine on tähtis, sest see sisaldab enam kui 96% Maa puhta joogivee varudest.	EI
I. Maailmameri on teaduslikus mõttes sama, mis Maa hüdro sfäär ehk vesikest.	EI
J. Globaalset merevee taseme tõusu põhjustavad ülemaailmsest kliimasoojenemisest tingitud polaarjää sulamine ja vee soojuspaisumine.	JAH
K. Merelise kliimaga alade pindala on põhjapoolkeral suurem kui lõunapoolkeral.	EI
L. Jahiga ümbermaailmareisi sooritamiseks on vaja läbida vähemalt kolm ookeani	JAH
M. Mereimetajad saavad olla suuremad kui maismaaimetajad, kuna vees tasakaalustab nende kehasid mõjutavat raskusjõudu üleslükkejõud.	JAH

1.2. Ümbermaailmareis viis Eagle'i esmalt Atlandi ookeani, Vahemere ja Suessi kanali kaudu Punasesse merre. See on India ookeani kitsas troopiline sisemeri Aafrika ja Araabia poolsaare üksteisest lahknevate mandrilaamade vahel. Seda ühendab avaookeaniga kitsas madal Bab el Mandebi väin.

1.2.1. Punane meri on küllaltki sügav, selle suurim sügavus ületab 3 kilomeetrit. Samal sügavusel on avaookeani vee temperatuur samadel laiuskraadidel 4 kraadi. Aga ka Punase mere sügavaimates kohtades ei lange temperatuur alla 20 kraadi. **Miks?** (2 p)

Väina madaluse tõttu ei saa sügavamad jaheda ookeanivee kihid Punasesse merre tungida, Punase mere basseini kliima on aga nii soe, et jahedat veekihti ei saa kujuneda.

1.2.2. Teatud aladel Punase mere põhjas on vee temperatuur eriti kõrge ning neis paigus on ka merevee keemiline koostis teistsugune. **Anna sellele tõenäoline loodusteaduslik põhjendus!** (2 p)
Seoses laamade lahknemisega leidub mere põhjas maakoore lõhesid, kust eraldub Maa siseseost, vulkaanilisi gaase ja mineraale.

1.2.3. Punane meri paistab silma väga suure soolade sisaldusega (ligi 40%), kuna kuuma kliima tõttu aurustub vesi intensiivselt, mageda vee sissevool aga peaaegu puudub.

1.2.3.1. Neli massiprotsendi järgi kõige levinumat keemilist elementi Punases meres (järjestatult, alustades levinuimast) on: (2 p)

1.	hapnik	2.	vesinik	3.	kloor	4.	naatrium
----	--------	----	---------	----	-------	----	----------



1.2.3.2. Need neli elementi on valdavalt seotud järgmiste ainetega: (1 p)

a) H_2O

b) $NaCl$

1.2.3.3. Kas samad ained on kõige levinumad ka riimveelises Läänemeres? (0,5 p)

☒

JAH

☐

EI

1.3. Pärast Punasest merest väljumist on Eagle'i järgmiseks peatuskohaks Maldivide pealinn Malé. Maldivid on olemas tänu öisloomade hulka kuuluvatele korallidele. Just nende väikeste ühiseluliste loomakeste lubikodadest on Indiast edelas, ekvaatori lähistel veealusele mäeahelikule moodustunud arvukad pisisaared, mis on rõngakujuliste rühmadena (atollidena) laiali pillutatud väga ulatuslikule merealale. Riigis valitseb ekvatoriaalne mussoonkliima ja sealne kõrgeim "mägi" on kõigest 2,4 meetrit üle merepinna ulatuv liivaluud. Seismiline aktiivsus on saarestikus üsna nõrk, aga madalatele saartele avaldas ränka kaudset mõju 2004. a võimas Indoneesia maavärin. Lisaks globaalse keskkonna muutustest tingitud ohtudele on saartel mureks ülerahvastatus: vähem kui 300 ruutkilomeetrit elab ligi 500 000 inimest, millele lisandub 1,2 miljonit turisti aastas. Nii on löögi all veevarud ja süveneb probleem jäätmetega.

1.3.1. Lähtudes eelnevast kirjeldusest ja oma teadmistest, paranda igas lauses üks viga ja täida lünk. (6 p)

- **Vigade parandamiseks** tõmba igas lauses maha vale sõna ja kirjuta tabelisse sobiv sõna, millega selle asendaksid.
- **Lünkadesse** saad valida ülesande lõpus toodud sõnu (sobivas käändes). Osa sõnu jääb üle

1. Maldivide korallid on väga tundlikud merevee temperatuuri ja aluselisuse ~~tõusu~~ suhtes, mistõttu ohustab atmosfääri lisanduv **süsihappegaas** ja sellest tingitud globaalne kliimamuutus tõsiselt nende säilimist.

2. Saarte madaluse tõttu ohustab nende püsijäämist merepinna ~~langus~~, mis on tingitud peamiselt polaarjää **sulamisest** seoses ülemaailmse kliimasoojenemisega.

3. Ehkki Maldividel on vahetu maavärinate oht väike, ohustavad madalaid saari mujal ~~Vaikse~~ ookeani aladel toimuvad võimsad maavärinad, mille energia võib ookeani kaudu lainena edasi kandudes tekitada laastava **tsunami**.

4. Seoses piirkonnas valitseva kõrge õhu- ja veetemperatuuriga on Maldivide piirkonnas küllaldaselt energiat ohtlike troopiliste **tsüklonite** tekkeks, mille keskmine võimsus ülemaailmse kliimamuutuse mõjul **väheneb**.



5. Ulatuslikul ookeanialal paiknevatel pisisaartel on **rohkesti** vaba maad prügi ladustamiseks. Seetõttu on Maldividel mõistlik arendada jäätmete **taaskasutust**

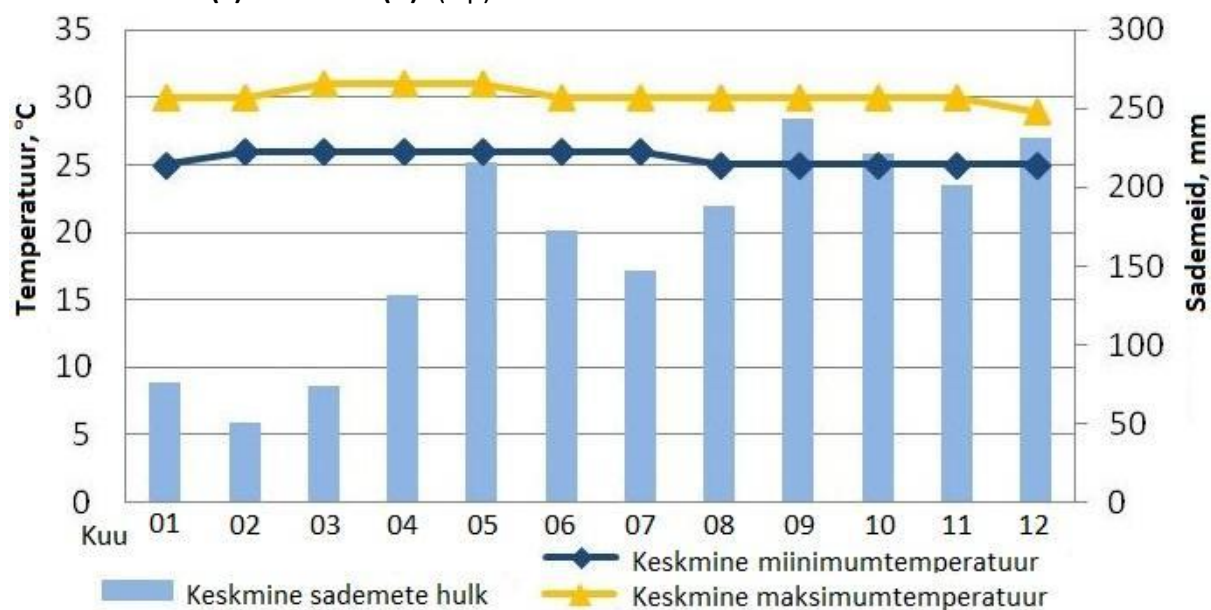
6. Seoses **suurte** keskmiste kaugustega asustatud saarte vahel on Maldividel elanike ja kaupade riigisisese transpordi korraldamine tõenäoliselt **odavam** kui Eestis.

Sõnad: juurdekasv, suur, hapnik, põletamine, sulamine, süsihappegaas, tsüklon, maalihe, ladustamine, metaan, lähedus, erosioon, väike, taaskasutus, kaugus, erinev, tsunami.

Vigade parandus: kirjuta iga numbri järele sõna, millega asendaksid vastavas lauses mahatõmmatud sõna!

1.	languse	2.	tõus	3.	India
4.	kasvab	5.	vähe	6.	kallim

1.3.2. Lähtudes Maldivide pealinna Malé kliimadiagrammist, märgi järgnevate lausete järele, kas need on **tõesed (T)** või **väärad (V)**! (5 p)



Allikas: <http://www.o.travel/wp-content/uploads/2012/04/Mal%C3%A9-Maldives.jpg>

A. Malés muutub õhutemperatuur ööpäeva vältel keskmiselt rohkem kui Tallinnas.	EI
B. Malés asuva päikeseelektrijaama antav paljude aastate keskmine energiatoodang on tõenäoliselt kõige suurem aasta I kvartalis.	JAH
C. Malé aastane sademete hulk on ligikaudu 1000 millimeetrit.	EI
D. Maikuu on keskmine õhuniiskus Malés tõenäoliselt madalam kui märtsis.	EI



E. Malé kliimas võib eristada kaks aastaaega – ühe lühikese ja ühe pika.	JAH
F. Malé ohustatud põhjavee varu väheneb tõenäoliselt kõige kiiremini aasta alguses.	JAH
G. Malé õhutemperatuuri ööpäevase kõikumise ulatuse määrab ära eelkõige ookean, aastase kõikumise ulatuse aga asukoht ekvaatori lähedal.	JAH
H. Parim aeg Malés rannapuhkuse veetmiseks on sügisel.	EI
I. Aasta kõige jahedam kuu on Malés kliimadiagrammi kohaselt detsember.	JAH
J. Aasta keskmine õhutemperatuur Malés on ligikaudu 28 °C.	JAH

1.4. Ookeanil seilates koges reisitiim mitmeid tõsisemaid keskkonnaprobleeme. Kirjuta tabelisse kaks maailmamerega seotud keskkonnaprobleemi, lisa igale selle peamine põhjus, kahjulik mõju merekeskkonnale ja võimalus probleemi leevendamiseks või ületamiseks. (8 p)

Probleem: *Naftareostus*

Põhjus: *õnnetused naftatankeritega*

Mõju merekeskkonnale: *merekeskkonna reostumine, vee-elustiku, merelindude hukkumine*

Võimalik lahendus: *rangemad regulatsioonid naftatankeritele, tõhusamad abinõud nafta kogumiseks veepinnalt, nafta keemilisi komponente lagundavate bakterite väljaarendamine ja merre laskmine.*

Probleem: *mere prügistumine, "prügisaared" plastjätmetest*

Põhjus: *mittelagunevate plastjätmete merre viskamine*

Mõju merekeskkonnale: *oht seedumatu plasti sattumiseks veeloomade seedetrakti; fotosünteesi häirumine veepinda katva plastikihi tõttu, toksiliste ühendite sattumine vette jätmete lagunemisel*

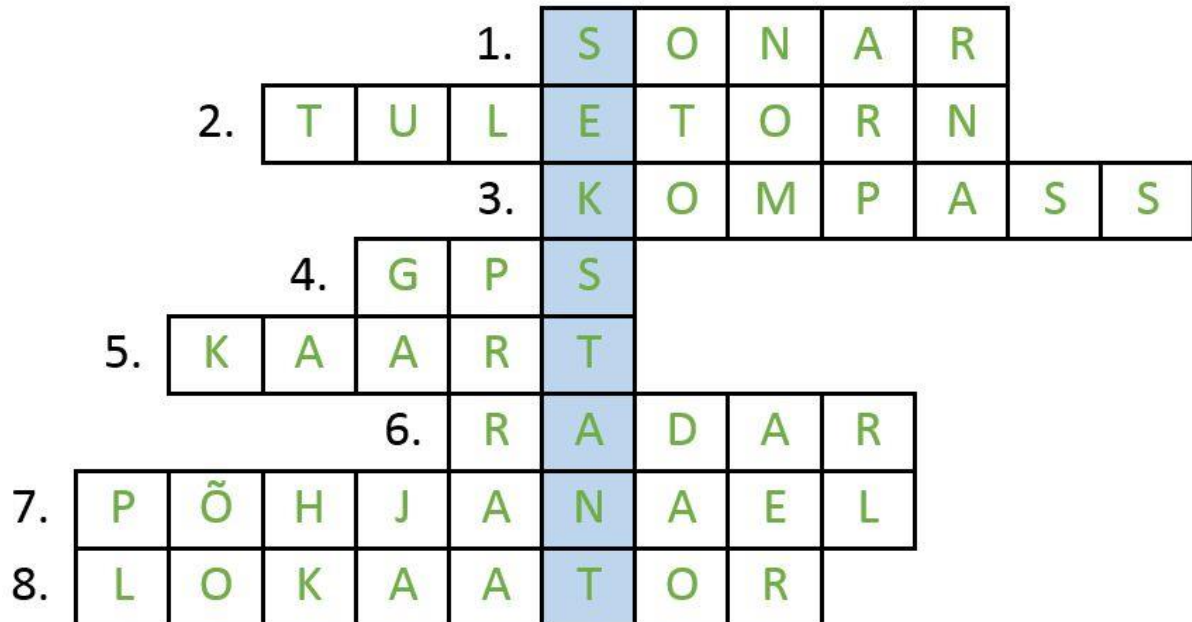
Võimalik lahendus: *biolaguneva plasti arendamine, tõhusam jätmete taaskasutus.*

Veel variante:

- Keemiline reostus nitraatide ja fosfaatide, raskmetallide, ravimijääkide jm ühenditega - reovee merre sattumine jõgedest, sadamalinnadest jm - ookeani elukeskkonna halvenemine, võimalik liikide ja elukoosluste ohtusattumine või väljasuremine - puhastusseadmete kasutuselevõtt või efektiivsemaks muutmine, jätmete taaskasutuse parandamine.*
- Merevee happelisuse tõus → lubikojaga loomade jt madala pH suhtes tundlike organismide suremine → CO₂, väävlü ja lämmastiku oksiidide õhkupaiskamise vähendamine.*
- Kalade jm mereloomade ülepüük - rahvaarvu ja jõukuse kasv, suurenev nõudlus kala järele - kalavarude väljakurnamine, mere ökosüsteemi tasakaalu rikkumine - rangem kontroll, piirangud kalapüügile, et varud jõuaksid taastuda; keskkonnasõbralikult majandatavate kalakasvanduste arendamine.*



1.5. Ümbermaailmareisil on väga oluline hoida optimaalset kurssi, et reis kulgeks võimalikult ohutult, aega ja kütust säästvalt. Lahenda ristsõna, kirjutades sellesse objektid (vahendid), mis on tänapäeval või ajalooliselt seotud õige kursi leidmise ehk navigeerimisega. (4,5 p)



Vasakult paremale:

1. Helilainete peegeldumist kasutav navigatsiooniseade.
2. Suunatud kiirtevihuga maamärk rannikul.
3. Maa magnetvälja rakendav seade ilmakaarte määramiseks.
4. Satelliitide võrgustikul põhinev ülemaailmne navigeerimissüsteem.
5. Mingi ala vähendatud mudel, varem paberist, tänapäeval enamasti digitaalne.
6. Raadiolainete peegeldumist kasutav navigatsiooniseade.
7. Täht, millest on abi põhjapoolkeral navigeerimisel.
8. Asukoha määraja (üldmõiste, inglispärase võõrsõnaga).

Õigete vastuste korral tuleb **ülevaalt alla VASTUSEKS** üks veidi naljaka nimega navigatsiooniriist, millega saab merel suunda määrata taevakehasid sihtides.

1.6. India ranniku lähedal kohtas Eagle'i meeskond süvaveetraalerit, mille meeskond tegeles parajasti ookeanipõhjast võrkude väljatõmbamisega. Saagiks oli saadud väga erilise välimusega kalu, näiteks Johnsoni kerasuu (pilt Wikipediast). Järgmisel päeval saatis reisitiim oma fännid ele järgmise ülesande.



Kilomeetrist sügavamale jäävas ookeani osas on kottpime ja valitseb väga suur rõhk. Lisaks napib seal toitu, kuna veetaimed pimedas kasvada ei saa. Ometi elavad ka süvaookeanis kalad ja selgrootud, kellel on toimetulekuks kujunenud mitmeid põnevaid kohastumusi.



Tabelis on toodud mõned süvaveekaladel leitud erikohastumused. Enne tabelit on loetletud mõned süvavee elukeskkonna omadused ja rida süvaveekalade olulisi bioloogilisi ülesandeid. Kirjuta iga kohastumuse juurde vähemalt üks selle kohastumuse väljaarenemist soodustanud keskkonnatingimus ning vähemalt üks bioloogiline ülesanne (roll), millega vastav kohastumus võiks aidata paremini toime tulla! Tabelis kasuta tähti! (7 p)

NB! Samad tähed võivad ka korduda ja ühte lahtrisse võib sobida rohkem kui üks täht!

Tingimused süvameres: A – suur rõhk; B – väga vähe valgust; C – üldjuhul vähe toitu

Kohastumuste bioloogilised rollid: D – tagada partneri leidmine ja paljunemine; E – tagada kehastruktuuri säilimine; F – võimaldada orienteeruda; G – peibutada saaklooma; H – lihtsustada harva kohatava saagi tabamist ja omastamist; I – lihtsustada paarilise leidmist.

Kohastumus	Keskkonnatingimus	Bioloogiline roll
Helenduselundid	B, C	D, F, G, H
Kõrge kehasisene rõhk	A	E
Suur suu, pikad hambad	B, C	H
Suured silmad, hea nägemine	B, C	D, E, F
Hea haistmine, keemiline taj	B, C	D, E, F
Isas- ja emaslooma kokkukasvamine	C	D, I

1.7. Oma reisil sai Eagle'i meeskond vaadelda väga erinevaid ookeaniloomi. Siit tekkis tiimi bioloogil idee ülesandeks, mis käsitleks ookeaniloomade erinevaid liikumisviise.

Kõige tuntum ookeanivees elavate loomade liikumisviis on aktiivne ujumine vees, rakendades selleks mehaanilist jõudu uimede, muude kehajätkete või terve keha liigutamise abil. Aga liikumiseks kasutatakse ka teistsuguseid võimalusi. Loetle kolm meres elavate loomade erilist liikumisviisi (lisaks



LAHENDUSED

harilikule ujumisele ja roomamisele), lisades iga kord näite loomast, kes nõnda liigub.
(4,5 p)

	Liikumisviis	Loom
1.	<i>Reaktiivjõud - liikumine kehast väljasurutava veejoa abil.</i>	<i>Kalmaar, meduus</i>
2.	<i>Lauglemine vee kohal (tuult kasutades)</i>	<i>Lendkalad</i>
3.	<i>Kinnitumine aktiivselt ujuvate loomade, laevade vm ujuvate objektide külge.</i>	<i>Tõruvähid; imikalad jm kalade ja mereimejate parasiidid.</i>

Veel võimalusi:

4. Hoovuste kasutamine - erinevad selgrootud, rändel olevad kalad, veeimetajad ja -roomajad, jmt.

5. Upwellingute (tõusva vee alade) kasutamine - kalad, veeimetajad jmt.



Ülesanne 2: Soolsus (26,5 p)

Ümbermaailmareisil osalev noor keemik saatis oma kunagisele loodusteaduste õpetajale paki, mille sisuks oli kiri ning kolm veega täidetud plastikpudelit, mis olid märgistatud tähtedega A, B ja C. Kirja lugedes leidis õpetaja, et tegu on mõistatusega – pudelites oli Atlandi ookeani vesi, Läänemere vesi ja Tartu kraanivesi ning õpetajal tuli koos oma praeguste õpilastega kindlaks teha, millises pudelis on milline vesi. Ainus mõistatuse reegel oli see, et vett maitsta ei tohi!

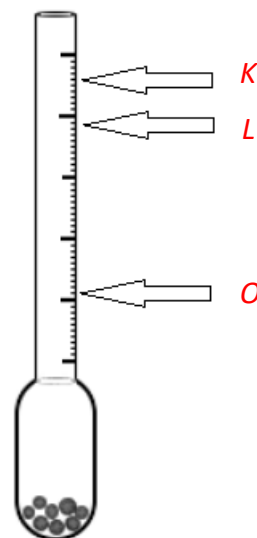
Kogenud õpetaja jaoks osutus ülesanne lihtsaks, seega otsustas ta õpilastele näidata, et nendel vetel saab vahet teha mitmel erineval moel.

Esiteks uuris ta veeproovide tihedusi. Selleks kasutas ta lihtsat mõõteriista – areomeetrit (joonisel). Areomeeter uppus eri vetes eri sügavusele (tähistatud nooltega).

2.1. Vali areomeetri tööpõhimõtet õigesti kirjeldav vastusevariant. **Tõmba õige vastuse tähele ring ümber.** (2 p)

Areomeetri ujumissügavus sõltub vedeliku tihedusest, millesse see ujuma pannakse, järgmiselt:

- A. Mida hõredam on vedelik, seda suurem üleslükkejõud mõjub areomeetrile ning seda vähem see upub.
- B. Mida tihedam on vedelik, seda suurem üleslükkejõud mõjub areomeetrile ning seda vähem see upub.**
- C. Mida tihedam on vedelik, seda suurem raskusjõud mõjub areomeetrile ning seda sügavamale see upub.
- D. Mida hõredam on vedelik, seda suurem raskusjõud mõjub areomeetrile ning seda sügavamale see upub.



2.2. Kirjuta joonisel olevate noolte juurde, kas vastavad näidud saadi ookeani veest (O), Läänemere veest (L) või kraaniveest (K). (1,5 p)

Õpetaja teadis ka, et neil vetel peaksid olema erinevad külmumistemperatuurid. Tehes külmumistemperatuuri määramise eksperimendi, saigi õpetaja teada, et need veed tahkuvad temperatuuridel 0, -0,4 ja -1,8 Celsiuse kraadi.



2.3. Millised veed ja külmumistemperatuurid sobivad omavahel kokku? Ühenda joone abil iga vesi tema õige külmumistemperatuuriga! (1,5 p)

0 °C Läänemere vesi
-0,4 °C Ookeanivesi
-1,8 °C Kraanivesi

2.4. Miks on neil vetel erinev külmumistemperatuur? Tõmba õige vastuse tähele ring ümber. (1 p)

- A. Tihedamad vedelikud külmuvad madalamal temperatuuril.
B. Hõredamad vedelikud külmuvad madalamal temperatuuril.
C. Vees sisalduvad soolad langetavad selle külmumistemperatuuri.
D. Vees sisalduvad soolad tõstavad selle külmumistemperatuuri.

Pärast külmumistemperatuuri määramist otsustas õpetaja veeproovid aurustada, et näha, kui palju soola (aurustusjääki) iga proov sisaldab. Selleks kaalus ta analüütilistel (kolme komakohaga) kaaludel eraldi ära iga proovi jaoks mõeldud tühjad aurustusnõud ning seejärel samad nõud koos veeproovidega. Kui kogu vesi oli ära aurustunud, kaalus ta nõud koos aurustusjäädiga (soolaga) uuesti ära ning arvutas saadud tulemustest iga veeproovi soolasisalduse. Tulemused kandis ta järgnevasse tabelisse:

Veeproovi tähis	Aurustusnõu mass (g)	Aurustusnõu mass koos veeprooviga (g)	Aurustusnõu mass koos soolaga	Veeproovi mass (g)	Soola mass (g)	Soola sisaldus (%)
A	148,256	368,478	149,820	220,222	1,564	0,71
B	115,967	357,908	116,088	241,941	0,121	0,05
C	127,765	332,549	134,891	204,784	7,126	3,48

2.5. Täida tabelis olevad lüngad (protsendid arvuta kahe komakohaga). (4,5 p)

$m(\text{veeproovi mass}) = m(\text{aurustusnõu mass koos veeprooviga}) - m(\text{aurustusnõu mass})$

$m(\text{soola mass}) = m(\text{aurustusnõu mass koos soolaga}) - m(\text{aurustusnõu mass})$

$P(\text{soola sisaldus}) = m(\text{soola mass}) / m(\text{veeproovi mass}) * 100\%$



2.6. Milline veeproov on pärit ookeanist, milline Läänemerest ning milline on kraanivesi? Kirjuta iga vee ette sellele vastava proovi tähis (A, B või C). (1,5 p)

A	Läänemere vesi
C	Ookeanivesi
B	Kraanivesi

Kuigi vee päritolu oli õpetajal kindlaks tehtud, otsustas ta oma õpilaste palvel täiendavalt uurida, kui suure osa vetes sisalduvatest sooladest moodustab keedusool ehk naatriumkloriid. Selleks saatis ta veeproovid Tartu Ülikooli Keemia Instituuti ning tellis sealt naatriumkloriidi sisalduse määramise analüüsi. Mõne aja möödudes sai ta ülikoolist tulemused:

„Teie saadetud proovide naatriumkloriidi sisaldused on järgmised: Kraanivesi – 0,00086 M; Läänemere vesi – 0,10231 M; Ookeanivesi – 0,52075 M.“

M on kontsentratsiooniühik, mida võib kirjutada ka mol/l ehk siis see väljendab seda, mitu mooli ainet leidub ühes liitris lahuses. Kuna õpetaja tahtis õpilastele teada anda, mitu protsenti moodustab naatriumkloriid kogu vees leiduvate soolade massist, siis pidi ta tegema mõningaid ümberarvutusi. Õnneks oli ülikooli labor mõõtnud ning saatnud õpetajale ka proovide tihedused, mis aitasid arvutuste teostamisele kaasa: „Kraanivesi – 1,000 kg/l; Läänemere vesi – 1,006 kg/l; ookeanivesi – 1,027 kg/l.“

2.7. Kirjuta naatriumkloriidi keemiline valem ning arvuta selle molaarmass. (2 p)

Keemiline valem: NaCl

Molaarmass: $23 \text{ g/mol} + 35,5 \text{ g/mol} = 58,5 \text{ g/mol}$



2.8. Arvuta naatriumkloriidi sisaldus protsentides kogu proovis leiduvate soolade massist iga proovi jaoks, täites alltoodud tabeli. (6 p)

Veeproov	Keedusoola sisaldus (mol/l)	Keedusoola mass ühes liitris lahuses (g/l)	Keedusoola mass ühes kilogrammis lahuses (g/kg)	Keedusoola sisaldus lahuse protsentides (%)	Keedusoola sisaldus protsentides kogu proovis leiduvate soolade massist (%)
Kraanivesi	0,00086	0,0503	0,0503	0,005	10
Läänemere vesi	0,10231	5,9851	5,9494	0,595	84
Ookeanivesi	0,52075	30,4639	29,6630	2,966	85

Arvutame keedusoola sisalduse grammides ühes liitris lahuses:

$$x1(\text{NaCl, KV}) = c(\text{NaCl, KV}) \cdot M(\text{NaCl}) = 0,00086 \text{ mol/l} \cdot 58,5 \text{ g/mol} \approx 0,0503 \text{ g/L}$$

$$x1(\text{NaCl, LV}) = c(\text{NaCl, LV}) \cdot M(\text{NaCl}) = 0,10231 \text{ mol/l} \cdot 58,5 \text{ g/mol} \approx 5,9851 \text{ g/L}$$

$$x1(\text{NaCl, OV}) = c(\text{NaCl, OV}) \cdot M(\text{NaCl}) = 0,52075 \text{ mol/l} \cdot 58,5 \text{ g/mol} \approx 30,4639 \text{ g/L}$$

Arvutame keedusoola sisalduse grammides ühes kilogrammis lahuses

$$x2(\text{NaCl, KV}) = x1(\text{NaCl, KV}) / \rho(\text{KV}) = 0,0503 \text{ g/L} / 1,000 \text{ kg/L} = 0,0503 \text{ g/kg}$$

$$x2(\text{NaCl, LV}) = x1(\text{NaCl, LV}) / \rho(\text{LV}) = 5,9851 \text{ g/L} / 1,006 \text{ kg/L} \approx 5,9494 \text{ g/kg}$$

$$x2(\text{NaCl, OV}) = x1(\text{NaCl, OV}) / \rho(\text{OV}) = 29,6630 \text{ g/L} / 1,027 \text{ kg/L} \approx 29,6630 \text{ g/kg}$$

Arvutame NaCl sisalduse protsentides:

$$P(\text{NaCl, KV}) = x2(\text{NaCl, KV}) / 1000 \text{ g/kg} \cdot 100\% = 0,0503 \text{ g/kg} / 1000 \text{ g/kg} \cdot 100\% \approx 0,005\%$$

$$P(\text{NaCl, LV}) = x2(\text{NaCl, LV}) / 1000 \text{ g/kg} \cdot 100\% = 5,9494 \text{ g/kg} / 1000 \text{ g/kg} \cdot 100\% \approx 0,595\%$$

$$P(\text{NaCl, OV}) = x2(\text{NaCl, OV}) / 1000 \text{ g/kg} \cdot 100\% = 29,6630 \text{ g/kg} / 1000 \text{ g/kg} \cdot 100\% \approx 2,966\%$$

Arvutame NaCl sisalduse protsendi kogu soolade hulgast:

$$P2(\text{NaCl, KV}) = P(\text{NaCl, KV}) / P(\text{sool, KV}) \cdot 100\% = 0,005\% / 0,05\% \cdot 100\% \approx 10\%$$

$$P2(\text{NaCl, LV}) = P(\text{NaCl, LV}) / P(\text{sool, LV}) \cdot 100\% = 0,595\% / 0,71\% \cdot 100\% \approx 84\%$$

$$P2(\text{NaCl, OV}) = P(\text{NaCl, OV}) / P(\text{sool, OV}) \cdot 100\% = 2,966\% / 3,48\% \cdot 100\% \approx 85\%$$



2.9. Ümbermaailmareisil osalev bioloog oli koostanud õpilastele nuputamiseks ka mõned ülesanded oma erialalt, lisades neile järgmise sissejuhatuse:

“Oletame, et meie laeva tabab keset ookeani mootoririke ja rivist lähevad välja ka sidevahendid. Joogiveevarud on lõppemas. Ookeanivesi on küll ebameeldiva maitsega, kuid kas me võiksime seda elus püsimiseks siiski juua? Mis juhtub meie organismiga, kui joomes 3,5% soolusega ookeanivett? Kas sama toimub ka vaalade ja ookeanikaladega? Mis juhtub aga inimesega, näiteks haiglasse toimetatud januse merehädalisega, kui tema verre viia vett, milles sool täiesti puudub?”

Õpetaja mõistis, et nende probleemide lahendamisel läheb vaja osmoosi mõistet, ja seletas seda õpilastele nii: “Osmoos on nähtus, kus lahusti (näiteks vesi) liigub läbi õhukese poolläbilaskva vaheseina ehk membraani lahjemast lahusest kangemasse, kuni lahuste kangused ehk kontsentratsioonid saavad võrdses. Osmoos on väga oluline elusrakkudes, mida ümbritsevast membraanist pääseb läbi vesi, aga mitte selles lahustunud aineosakesed, sh soolaioonid. Sellega tuleb arvestada vee ja soolade organismi viimisel, et mitte põhjustada rakkude veepuudust või (tugeva rakukestata loomarakkude puhul) ohtlikku paisumist. Lisaks ei suuda inimese neerud osmoosi tõttu toota 2%-st kõrgema soolasisaldusega uriini.”

2.9.1. Mis juhtub vedelikupuuduses merehädalise organismiga, kui ta joob soolast ookeanivett?
Tõmba õige vastuse tähele ring ümber. (2 p)

- A. Janu saab kustutatud, sest sool imendub osmoosi toimel küll verre, kuid eritatakse neerude abil uriini koostises ja alles jääb vesi tungib osmoosi abil rakkudesse.
- B. Janu saab kustutatud, sest sool seedetraktis ei imendu, osmoosi toimel liigub mage vesi rakkudesse, sool aga eraldatakse koos väljaheitega.
- C. Variant A on põhimõtteliselt õige, aga ookeanivett tuleks juua väikestes kogustes, et neerud jõuaksid kogu liigse soola kehast välja viia.
- D. Ookeanivee joomine aitab küll janu leevendada, aga on eluohtlik, sest ookeanivesi sisaldab lisaks tavalisele keedusoolale ka väga mürgiseid raskmetallide soolasid.
- E. Ookeanivee joomine mistahes kogustes suurendab keha vedelikupuudust, kuna sel viisil omastatava soola eritamiseks läheb vaja rohkem vett, kui seda ookeanivees t saadi.



2.9.2. Kuidas toimub erinevatel ookeaniloomadel keharakkude veega varustamine? Märki väite järelle JAH, kui tegu on mõistliku kohastumusega, mis võiks looduses levinud olla, ja EI, kui Sa nii ei leia. (2,5 p)

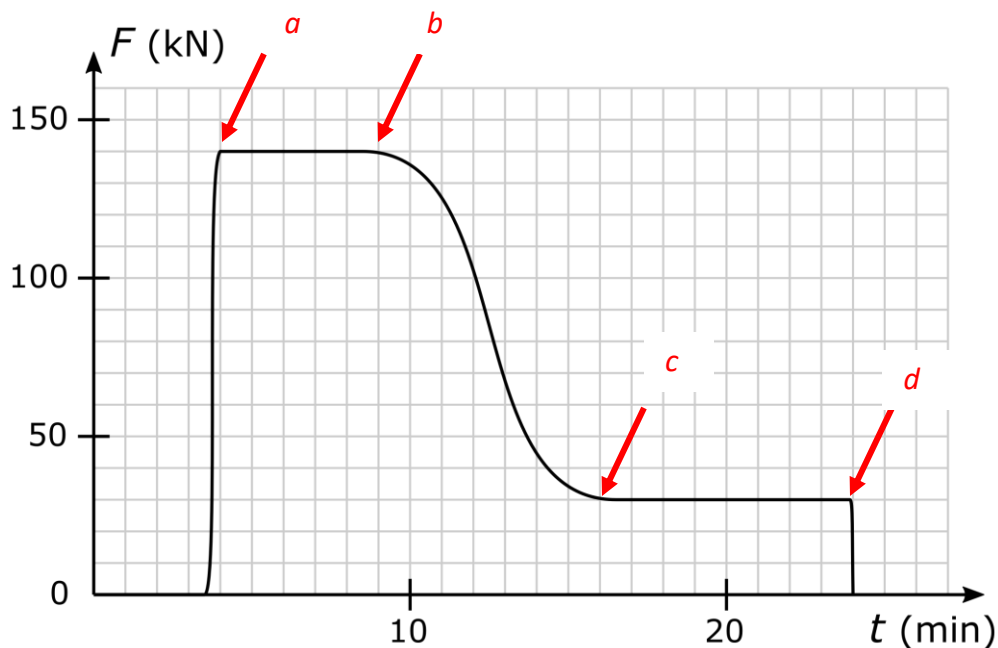
		JAH / EI
A.	Nad ei joo merevett, vaid saavad vajaliku vee toiduks tarvitavatest organismidest.	JAH
B.	Nad ei joo merevett, vaid teevad aeg-ajalt joomisrändeid jõesuudmetesse.	EI
C.	Nad ei joo merevett, vaid ammutavad tugeva saju ajal veepinnalt vihmavett.	EI
D.	Nad joovad merevett ja nende sisekeskkond on sama soolsusega, kui ümbritsev vesi.	JAH
E.	Nad joovad merevett ja väljutavad liigse soola neerude ja/või soolanäärmete kaudu.	JAH

2.9.3. Merevee joomisele vastupidine olukord tekib siis, kui inimesele on vaja pikka aega joomata olemisest, ägedast kõhulahtisusest vm põhjusel tekkinud suure vedelikukaotuse tõttu kiiresti vett anda. Tõhusaim viis selleks on vett otse veeni suunata. Aga selleks ei sobi mage vesi, vaid veeni viiakse nn füsioloogilist lahust, mis enamasti sisaldab 0,9% naatriumkloriidi ehk keedusoola. Miks kasutatakse füsioloogilist lahust ja mitte kraanivett või destilleeritud vett? Tõmba ring ümber kõige olulisemat põhjust kirjeldava väite tähele. (2 p)

- A. Rohkesti vett või verd kaotanud inimene on koos nendega kaotanud ka rakkude normaalseks elutegevuseks vajalikku soola, mis tuleks taastada.
- B. Füsioloogiline lahus on osmoosi mõttes võrdne vereplasmaga. Viies verre suures koguses puhast vett, tungiks see osmoosi tõttu rakkudesse ja võiks viia nende lõhkemiseni.
- C. Täiesti soolavaba vesi tõmbaks keharakkudest osmoosi teel soolad välja, mis rikuks nende ainevahetuse.
- D. Verre viidav keedusool aitab tugeva trauma korral tõsta ohtlikult madalaks langenud vererõhku, suurendades ellujäämise tõenäosust.
- E. Verre viidav keedusool avaldab keharakkude ainevahetusele ergutavat toimet, kiirendades organismi taastumist.

**Ülesanne 3: Allveelaev (24,5 p)**

Kui ümbermaailmareisijad oma jahiga Eagle Sydney jahisadamasse saabusid, olid naaberkai ääres parajasti käsil kohaliku ülikooli okeanoloogide uurimisallveelaeva katsetused. Allveelaev toodi kohale veoauto haagisel. Sadamas tõstis kraana allveelaeva trossi abil haagiselt üles ja hakkas seda aeglaselt vette laskma. Vettelaskmise ajal olid allveelaeva ballastipaagid avatud ja vesi sai vabalt neisse sisse voolata. Ikka veel trossi otsas rippudes vajus allveelaev täielikult vee alla ja jäi lõpuks veepõhja lebama. Vee sügavus sadamas on 5 m. Kogu eelneva tegevuse ajal mõõdeti trossis tekkivat jõudu dünamomeetriga. Graafikul on kujutatud dünamomeetri näidu sõltuvus ajast.



Dünamomeetriga trossis mõõdetud jõu sõltuvus ajast allveelaeva vettelaskmise käigus

Seejärel eemaldati allveelaeva küljest kraanatross ning hakati allveelaeva ballastipaakidest vett välja pumpama. Raskuskiirendus $g=9,8 \text{ m/s}^2$. Vee tihedus $\rho=1020 \text{ kg/m}^3$

3.1. Märgi graafikule noolekestega ja tähista vastava tähega punktid, kus allveelaev: (4 p)

- a. kaotas kontakti maapinnaga
- b. puudutas vett
- c. sukeldus täielikult vee alla
- d. puudutas põhja

**3.2. Kui suur on allveelaeva mass tonnides veest väljas olles? (3 p)**

Veest väljas trossi otsas rippuks on allveelaevale mõjuv raskusjõud võrdne dünamomeetri näiduga $F_1 = m_{laev}g$.

Loeme graafikult $F_1 = 140$ kN. Leiame $m_{laev} = F_1 / g = 14\,000\text{ N} / 9,8\text{ m/s}^2 = 14\text{ t}$.

3.3. Kui suurt rõhku p_{vesi} avaldab vesi põhjas lebavale allveelaevale (allveelaeva mõõmeid pole vaja arvestada)? (2,5 p)

Vedelikusamba rõhk $p_{vesi} = \rho gh = 1020\text{ kg/m}^3 \cdot 9,8\text{ m/s}^2 \cdot 5\text{ m} = 50\text{ kPa}$.

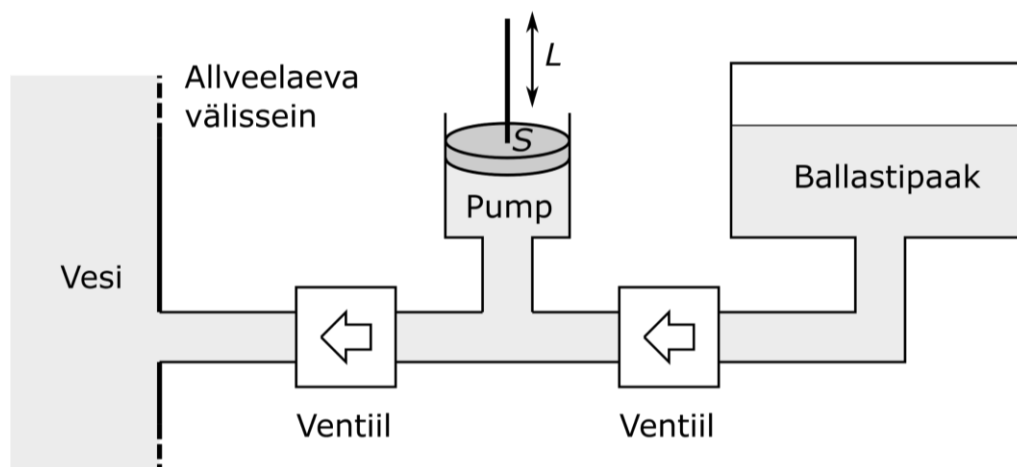
3.4. Vähemalt mitu kuupmeetrit vett tuleks allveelaeva ballastipaakidest välja pumbata, et allveelaev hakkaks põhjast ülespoole tõusma, kui tross on eemaldatud? (4,5 p)

Täielikult vee all olles ja trossi otsas rippuks kehtis jõudude tasakaal $(m_{laev} + m_{vesi1})g = F_{\bar{u}} + F_2$.

Võrrandi vasakul poolel on raskusjõud, kus m_{laev} on allveelaeva mass ja m_{vesi1} on ballastipaakides oleva vee mass. Paremal pool on üleslükkejõud $F_{\bar{u}}$ ja trossi tõmme F_2 . Trossi abita vabalt ujumisel kehtib $(m_{laev} + m_{vesi2})g = F_{\bar{u}}$. Siin eeldasime, et allveelaeva ruumala ei muutu. Väljapumbatava vee mass on $m_{välja} = m_{vesi1} - m_{vesi2}$. Saame avaldada $m_{välja} = F_2 / g$.

Loeme graafikult $F_2 = 30$ kN. Seega $m_{välja} = 30\text{ kN} / 9,8\text{ m/s}^2 = 3100\text{ kg}$. Väljapumbatava vee ruumala on $V_{välja} = m_{välja} / \rho = 3100\text{ kg} / 1020\text{ kg/m}^3 = 3,0\text{ m}^3$.

Allveelaeva veepump koosneb silindrist ristlõikepindalaga S ja selle sees liikuvast sama suure ristlõikepindalaga kolvist (joonisel). Mõlemal pool pumpa on ventiilid, mis lasevad vett läbi ainult noolega näidatud suunas. Ühes suunas liikumisel tõmbab kolb ballastipaagist vett välja ja teises suunas liikudes surutakse see vesi allveelaevast välja. Kolvi otsmiste asendite vahekaugus ehk käigu pikkus on L . Allveelaeva veepumba võimsus on 1500 W.



Allveelaeva veepumba skeem



3.5.1. Kui suurt jõudu avaldab vee väljasurumise ajal pumba kolb veele? **Kirjuta valem.** (1 p)

$$F = p_{\text{vesi}} S$$

3.5.2. Kui suure ruumala vett ΔV surub pump ühe käigu jooksul allveelaevast välja? **Kirjuta valem.** (1 p)

$$\Delta V = L \cdot S$$

3.5.3. Kui kogu väljasurutava vee ruumala on $V_{\text{välja}}$, siis mitu korda n peab kolb kogu vee väljasurumiseks edasi-tagasi käima? **Kirjuta valem.** (1 p)

$$n = V_{\text{välja}} / \Delta V$$

3.5.4. Kui suure hulga tööd ΔA teeb pump ühe käigu jooksul? Eelda, et ballastipaagist vee pumpa tõmbamiseks kuluv energia on tühiselt väike võrreldes vee pumbast väljasurumiseks kuluva energiaga. **Kirjuta valem.** (1 p)

$$\Delta A = L \cdot F$$

3.5.5. Kui palju tööd A peab pump tegema, et välja suruda vee kogus, mille ruumala leiti ülesandes 3.4? **Kirjuta valem ja leia arvuline tulemus, kasutades eelnevates alaülesannetes saadud tulemusi.** (3,5 p)

$$A = n \cdot \Delta A = p_{\text{vesi}} V_{\text{välja}} = 50 \text{ kPa} \cdot 3,0 \text{ m}^3 = 150 \text{ kJ}$$

$$A = n \cdot \Delta A = \frac{V_{\text{välja}}}{\Delta V} \cdot L \cdot F = \frac{V_{\text{välja}}}{L \cdot S} \cdot L \cdot p_{\text{vesi}} S = p_{\text{vesi}} \cdot V_{\text{välja}}$$

3.6. Kui palju aega sellise hulga vee väljapumpamiseks kulub, kui pump töötab täisvõimsusel? (3 p)

$$\text{Võimsus } N = A / t \text{ ja seega } t = A / N = 150 \text{ kJ} / 1,5 \text{ kW} = 100 \text{ s.}$$



Ülesanne 4: Sinivaal (31 p)

Aafrika lõunatipule lähenedes märkas reisiseltskond Eagle'i kiiluvees merest kerkimas hiiglaslikku sinakashalli kogu – see oli sinivaal, maailma suurim imetaja, kellel on ka maailma suurim toiduvajadus. Fütoplankton ehk taimhõljum koosneb vees vabalt hõljuvatest mikroskoopilistest fotosünteesivatest organismidest. Ränivetikad ehk diatomeed (*Bacillariophyceae*) on üks peamisi taimhõljumi koostisosi. Fütoplankton on kõige olulisem süsivesikute (nt glükoosi) algallikas planeedil Maa ja on ühtlasi veekeskkonna toiduahelate alguspunkt. Ränivetikad on näiteks toiduks hiilgevähilistele ehk krillile, kes omakorda moodustavad sinivaalade põhitoiduse. Ränivetikates toimub fotosüntees keemilise üldvõrrandi järgi:

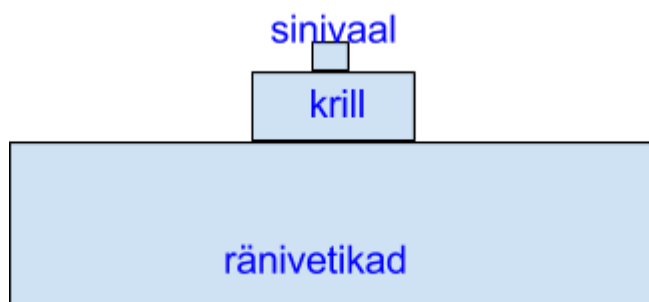


Arvestame, et sinivaal saab esimese viie eluaasta jooksul kogu kasvamiseks vajaliku energia krilli söömisest ning võtab iga päev massi juurde keskmiselt 75 kilogrammi. Sellise massitõusu saavutamiseks peab ta ära sööma aga 10 korda rohkem krilli. Ühes kuupmeetris merevees on umbes 30 000 krilli. Ühe krilli mass on umbes 1 g. Ühe kilogrammi krilli moodustumiseks on vaja 10 kg ränivetikaid.

4.1. Koosta toiduahel, mis kirjeldaks sinivaala toitumist. (1 p)

ränivetikad → krill → sinivaal

4.2. Joonista toiduahelale vastav ökoloogiline püramiid produktiivsuse ehk biomassi juurdekasvu järgi. (Produktiivsus näitab, kui palju ühe troofilise taseme energiast kasutatakse ära järgmise taseme biomassi moodustamiseks.) (2,5 p)





4.3. Mitu tonni võtab sinivaal viie aasta jooksul massi juurde? Aasta pikkuseks arvesta 365,25 päeva. (2,5 p)

$$365,25 \text{ päeva/aastas} \cdot 5 \text{ aastat} \cdot 75 \text{ kg/päevas} = 136\,968,75 \text{ kg} \approx 137 \text{ t}$$

4.4. Mitu kg krilli on vaja, et toita sinivaala esimese viie eluaasta jooksul? (1 p)

$$136\,968,75 \text{ kg} \cdot 10 = 1\,369\,687,5 \text{ kg} \approx 1\,370\,000 \text{ kg}$$

4.5. Mitu hiilgevähiliste isendit kulub sinivaala toitmiseks viie aasta jooksul? (1,5 p)

$$1\,369\,687,5 \text{ kg} : 1 \text{ g/isend} = 1\,369\,687\,500 \text{ g} : 1 \text{ g/isend} = 1\,369\,687\,500 \text{ isendit} \\ \approx 1\,370\,000\,000 \text{ isendit}$$

4.6. Mitu kuupmeetrit merevett peab sinivaal läbi kiuste filtreerima, et nii palju krilli kätte saada? (1 p)

$$1\,369\,687\,500 \text{ isendit} : 30\,000 \text{ isendit/m}^3 = 45\,656,25 \text{ m}^3 \approx 46\,000 \text{ m}^3$$

4.7. Mitu kg ränivetikaid on vaja, et toita üht sinivaala esimese viie eluaasta jooksul? (1 p)

$$1\,369\,687,5 \text{ kg} \cdot 10 = 13\,696\,875 \text{ kg} \approx 13\,700\,000 \text{ kg}$$

4.8. Tehes lihtsustuse, et eelmises alaülesandes leitud ränivetikate massi moodustab peamiselt glükoos, siis kui palju CO₂ (moolides) kulub sellise koguse ränivetikate kasvamiseks, et toita sinivaala viie aasta jooksul? (3,5 p)

$$M(C_6H_{12}O_6) = 6 \cdot 12 + 12 \cdot 1 + 6 \cdot 16 = 180 \text{ (g/mol)} \\ n(C_6H_{12}O_6) = 13\,696\,875 \text{ kg} : 180 \text{ g/mol} = 13\,696\,875\,000 \text{ g} : 180 \text{ g/mol} \\ = 76\,093\,750 \text{ mol} \approx 76\,000\,000 \text{ mol} \\ n(CO_2) = 6 \cdot 76\,093\,750 \text{ mol} = 456\,562\,500 \text{ mol} \approx 457\,000\,000 \text{ mol}$$

4.9. Mis on eelmises alaülesandes arvatatud süsihappegaasi koguse ruumala, kui CO₂ tihedus on 1,98 g/dm³? (3 p)

$$M(CO_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ (g/mol)} \\ V(CO_2) = 456\,562\,500 \text{ mol} \cdot 44 \text{ g/mol} : 1,98 \text{ g/dm}^3 \approx 10\,145\,833\,333 \text{ dm}^3 \\ \approx 10\,145\,833 \text{ m}^3 \approx 10\,100\,000 \text{ m}^3 (\approx 0,01 \text{ km}^3)$$

4.10. 0 °C ja 1 atm rõhu juures on 1 liitris merevees lahustunud 0,51 ml CO₂. Mitu kuupkilomeetrit vett peavad ränivetikad läbi töötleva, et saada piisav kogus süsihappegaasi, et fotosünteesida ühe sinivaala jaoks viieks aastaks vajalik kogus glükoosi? (3 p)

$$10\,145\,833\,333 \text{ dm}^3 : 0,51 \text{ ml/l} = 10\,145\,833\,333\,000 \text{ ml} : 0,51 \text{ ml/l} \approx 1,989 \cdot 10^{13} \text{ l} \\ \approx 20 \text{ km}^3$$



4.11. Lõuna-Jäämeres elab umbes 379 000 000 tonni krilli. **Mitu tonni sinivaala saaks sellisest kogusest krillist?** (1 p)

$$379\,000\,000\,t : 10 = 37\,900\,000\,t$$

4.12. Väidame aga, et reaalselt elab Lõuna-Jäämeres 400 000 000 tonni mitmesuguseid loomi (sh sinivaalu), kes söövad peamiselt krilli. Kuidas on see võimalik? **Märgi iga järgneva väite kohta (JAH või EI), kas see on eelnevate teadmistega kooskõlas või mitte.** (1,5 p)

Väide	JAH / EI
Krill elab palju vähem aega kui need, kes teda söövad.	<i>JAH</i>
Valdav enamus krille surevad nakkushaigustesse ja vajuvad ookeani põhja.	<i>EI</i>
Aasta jooksul kasvab juurde vähem krilli kui neid, kes teda söövad.	<i>EI</i>

4.13. Millega toitub noor sinivaal tegelikkuses peale krilli veel suurel määral? **Tee ring ümber õigele variandile!** (1 p)

- a) emapiimast
- b) teistest pisiselgrootutest (zooplankton)
- c) mikrovetikatest
- d) väikestest kaladest
- e) mere põhjas kasvavatest suurvetikatest

4.14. Milline Läänemeres elutsev liik on kõige lähemalt sinivaalaga suguluses? **Tee ring ümber õigele variandile!** (1 p)

- a) Atlandi tuur
- b) Viigerhüljes
- c) Pringel
- d) Emakala (selts: ahvenalised)
- e) Tursk

4.15. Milline omadus tagab sinivaala kehatemperatuuri säilitamise arktilistes meredes ujudes? **Tee ring ümber õigele variandile!** (1 p)

- a) Tihe karvkate
- b) Paks nahaalune rasvakiht
- c) Kopsudega hingamine
- d) Tihe nahaalune veresoontevõrgustik
- e) Toitumine soojast krillist



4.16. Millised järgnevatest olid peamisteks ajenditeks sinivaalade küttimiseks? Märki iga variandi kohta, kas JAH või EI. (1,5 p)

Küttimise ajendid	JAH / EI
Vaalakiuste kasutamine korsettide valmistamiseks	JAH
Liha saamine	JAH
Vaalanaha saamine	EI
Topiste tegemine	EI
Traani ehk vaalarasva saamine	JAH
Veetsirkuses näitamiseks	EI

4.17. Märki, kas järgnevad väited sinivaalade kohta on tõesed (JAH) või väärad (EI). (4 p)

Väide	JAH / EI
Sinivaalad on teadaolevalt suurimad loomad, kes meie planeedil kunagi elanud.	JAH
Sinivaala arvukus on viimastel aastakümnetel tõusnud.	JAH
Sinivaalu leidub tänapäeval vaid Vaikses ookeanis.	EI
Pärast vaalaküttimise keelustamist ei põhjusta inimesed enam sinivaalade surma.	EI
Sinivaala ainus looduslik vaenlane (lisaks inimesele) on mõõkvaal.	JAH
Sinivaalad suhtlevad omavahel madalsageduslike helide abil.	JAH
Sinivaalade tekitatavad helid levivad meres vaid kuni kilomeetri kaugusele.	EI
Sinivaalad eelistavad toitu otsida suurte seltsingutena.	EI



Ülesanne 5: Purjetamine (8 p)

Ühes Alaska sadamas kohtas meie mootorjahil sõitev reisitiim teist ümbermaailmareisil olevat alust – purjejahti. Purjekas sõidab tuuleenergia mõjul. Tuul on õhuosakeste liikumine, millel on mass ja mis kannab edasi liikumisega seotud energiat (kineetilist energiat). Purjega kohtudes avaldavad õhuosakesed purjetele rõhku. Tuule rõhust tekitatud jõud F_t on arvutatav valemist:

$$F_t = C p_{td} A = 0,5 C \rho v^2 A,$$

kus

F_t = tuule jõud (N);

A = tuule poolt mõjutatav purje ristlõike pindala (m^2);

p_{td} = tuule dünaamiline rõhk (Pa) (liikuva õhu tõttu tekkinud rõhk);

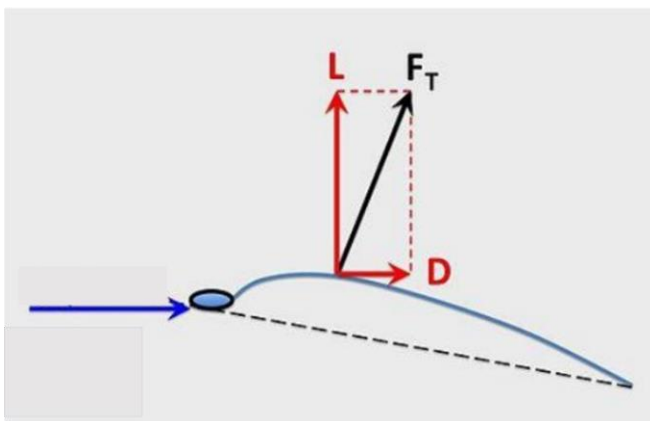
ρ = õhu tihedus (kg/m^3), vt. Tabel 1;

v = tuule kiirus (m/s);

C on konstant, mis sõltub paadi omadustest. Selle paadi jaoks on C väärtus 0,7.

Purjekas liigub purjetele mõjuvate aerodünaamiliste jõudude ning paadi veesolevale osale mõjuvate hüdrodünaamiliste jõudude koosmõjul. Lihtsaim on sõita pärituult: siis rõhub tuul tagant pärituule purjele ehk spinnakerile. Kuid purjede asendit ja kuju muutes saab purjekaga sõita mistahes soovitud suunas, sh ka vastutuult.

Purjepinna kumera kujutõttu kujuneb tuule jõud F_t kahest komponendist: veojõust D , mis viib purjekat tuule suunas edasi, ning veojõuga risti mõjuvast kõrvalekaldejõust L (Joonis 1). Kõrvalekaldejõu tekkimise põhjuseks on rõhkude erinevus purje kumera ja nõgusa poole vahel, mis omakorda tekib tuule kiiruste erinevusest kahel pool kumerat purje. Purjede (ja kiilu) asendit muutes saab veojõu ja kõrvalekaldejõu omavahelist tasakaalu muuta ning purjekat vajalikus suunas juhtida.



Joonis 1. Purjeka purjele mõjuva jõu kujunemine kahest komponendist. Pildil on purje horisontaalne ristlõike ülalt alla vaates. Ovaal tähistab masti. Tuul puhub vasakult, noole suunas.

5.1. Purjede materjali iseloomustatakse rebenemistugevusega, mis näitab, millise rõhu korral tootja enam ei garanteeri purje materjali mittepurunemist. Kapten peab otsustama, kas purjekaga, mille purje materjali rebenemistugevus on $1,1 \text{ kN/m}^2$, on ohutu välja sõita arktilisele merele, kus ilmteade



lubab puhangulist tuule kiirust kuni 72 km/h ja õhutemperatuuri -10 °C. Milline on Sinu kui eksperdi soovitus kaptenile purje vastupidavuse suhtes? Millega oma soovitust põhjendada? (4 p)

$$p_{td} = 0,5 \rho v^2$$

$$= 0,5 * 1,342 * (72/3,6)^2 \text{ [kg/m}^3\text{] [m}^2\text{/s}^2\text{]} = 0,5 * 1,342 * 400 \text{ [(kg m/s}^2\text{)] / m}^2\text{]} = 268 \text{ N/m}^2 = 268 \text{ Pa}$$

Puri peab antud ilmastikutingimustes vastu, sest isegi tugevaimate tuulepuhangute ajal on tuule rõhk purjele palju väiksem kui purje rebenemistugevus.

5.2. Paat ja puri on seatud nii, et purjele mõjuv tuule summaarne jõud F_t on 2000 N ja veojõud D on 850 N (joonis 1). Kui suur on sellisel juhul purjele mõjuv kõrvalekaldejõud L ? Kui suur peaks olema tuulele vastassuunas mõjuv vee takistusjõu komponent, et paadi tuulesuunaline liikumine toimuks ühtlase kiirusega? (4 p)

Tabel 1. Õhu tiheduse sõltuvus temperatuurist.

Allikas:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Density#Air>

Õhu tiheduse sõltuvus temperatuurist atmosfääri rõhul 1 atm	
$T (^{\circ}\text{C})$	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$
-25	1.423
-20	1.395
-15	1.368
-10	1.342
-5	1.316
0	1.293
5	1.269
10	1.247
15	1.225
20	1.204
25	1.184
30	1.164

$$L^2 = F_t^2 - D^2$$

$$L = 1810 \text{ N}$$

Vee takistusjõud peab olema võrdne purjele tuule suunas mõjuva veojõuga D , seega 850 N