# Ilmiöpohjainen opintokokonaisuus meriveden happamoitumisesta toteutettuna biologian ja kemian kurssien yhteistyönä

Opintokokonaisuus toteutettiin lukion 2. Vuosikurssin opiskelijoiden kanssa lukuvuonna 2016-2017. Suunnittelussa oli mukana biologian ja kemian aineenopettajat sekä opetusharjoittelijat. Tavoitteena opetusharjoittelijoiden osalta oli perehdyttää heidät aineiden väliseen yhteistyöhön sekä pH-antureiden ja mittausohjelmistojen käyttöön. Lukiolaisten osalta tavoitteena oli tarjota laaja-alainen ja oppiainerajat ylittävä oppimistehtävä. Ilmiönä meriveden happamoituminen on ajankohtainen ja liittyy sekä biologiassa että kemiassa useisiin aihealueisiin.

Opintokokonaisuus koostui useasta osatutkimuksesta. Biologian tunnilla opiskelijoiden tehtävä oli suunnitella koejärjestely vesiliuoksen pH:n vaikutuksesta simpukoiden kalkkikuoreen. Kemian opettajan ja opetusharjoittelijoiden tehtävänä oli suunnitella työtä varten merivettä simuloiva karbonaattiliuos. pH: n vaikutusta seurattiin jatkuvalla mittauksella viikon ajan, minkä jälkeen tarkasteltiin tuloksia. Muutoksia simpukan kuoressa tarkasteltiin myös silmämääräisesti. Kemian tunnilla määritettiin titraamalla liuoksen karbonaattipitoisuus. Tällä tavalla selvitettiin, kuinka paljon kalkkikuorta oli liuennut eri pH-arvon omaavissa liuoksissa.

# Meriveden happamuuden lisääntymisen vaikutus kalkkikuorisiin eliöihin

## Taustaa

Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus nousee fossiilisten polttoaineiden polton seurauksena. Tämä on aiheuttanut nopeasti etenevän ympäristöongelman, meriveden happamoitumisen.

Lisääntyvä hiilidioksidi liukenee meriveteen ja veteen liukenemisen seurauksena muodostuu hiilihappoa. Pohjoisilla merialueilla happamoituminen on nopeampaa, koska hiilidioksidi liukenee kylmään veteen paremmin kuin lämpimään veteen.

[Ilmakehän](https://fi.wikipedia.org/wiki/Ilmakeh%C3%A4) kasvaneesta hiilidioksidipitoisuudesta seuraa, että [meriveteen](https://fi.wikipedia.org/wiki/Meri) imeytyy yhä enemmän hiilidioksidia. Hiilidioksidin (CO2) ja [veden](https://fi.wikipedia.org/wiki/Vesi) (H2O) [reagoidessa](https://fi.wikipedia.org/wiki/Hydrolyysi) syntyvä [hiilihappo](https://fi.wikipedia.org/wiki/Hiilihappo) (H2CO3) muodostaa edelleen [bikarbonaatti](https://fi.wikipedia.org/wiki/Bikarbonaatti)- ja [karbonaatti-ioneita](https://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Karbonaatti-ioni&action=edit&redlink=1) (CHO3− ja CO32−). Reaktiossa vapautuu [happamoittavia](https://fi.wikipedia.org/wiki/Happamuus) [vetyioneja](https://fi.wikipedia.org/wiki/Vety) (H+), jotka vähentävät meriveden pH-arvoa. Vetyionit voivat edelleen yhdistyä karbonaatti-ionien (CO32−) kanssa, mikä vähentää merellisille eliöille tärkeän [kalsiumkarbonaatin](https://fi.wikipedia.org/wiki/Kalsiumkarbonaatti) (CaCO3) muodostumista.

Simpukoiden ja korallieläinten kuori rakentuu kalsiumkarbonaatista. Happamoitumisen seurauksena kalsiumkarbonaatti liukenee meriveteen. Tämän seurauksena kalkkikuoristen eliöiden kuoret haurastuvat ja kuorien rakentuminen vaikeutuu.

## Tutkimuksen suunnittelu

Käytettävissä on:

- pH-mittareita

- tietokone

- mittausohjelma

- simpukankuoria

- reagensseja

Suunnittele koejärjestely, jonka avulla tutkit meriveden happamoitumisen vaikutuksia simpukan kalkkikuoreen.

<http://www.hs.fi/tiede/art-2000002888037.html>

Mallinnetaan meriveden happamuuden vaikutusta simpukoihin. Valmistetaan merivettä mallintavat liuokset Na2CO3-kantaliuoksesta laimentamalla ja seurataan pH:n muuttumista.

## Työn suoritus

1. Kiinnitä statiiviin pH-anturi, yhdistä anturi tietokoneeseen minilabquest- välikappaleen avulla ja käynnistä LoggerPro- mittausohjelmisto.
2. Kalibroi pH –anturi kahdella puskuriliuoksella seuraavasti:

Huuhtele anturin pää ionivaihdetulla vedellä ja upota anturi pH7- puskuriliuokseen.

Valitse Mittaus→ kalibroi→kalibroi nyt→syötä lukema (pH=7)→pidä→huuhtele anturin pää ionivaihdetulla vedellä ja vaihda anturi pH4 -puskuriliuokseen→syötä lukema (pH=4)→pidä→valmis

1. Valmistetaan merivesi-näytteet ottamalla mittalasilla 50 ml ionivaihdettua vettä 100 ml keitinlasiin ja lisäämällä kantaliuosta mittapipetistä tiputtaen seuraavan taulukon mukaisesti.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| astia | Na2CO3-lisäys | pH (toteutunut) |
| 1 | + 0 | 5,90 |
| 2 | + 40 pisaraa | 6,71 |
| 3 | + 50 pisaraa | 7,12 |
| 4 | + 55 pisaraa | 7,84 |
| 5 | + 60 pisaraa | 7,61 |
| 6 | + 65 pisaraa | 8,06 |
| 7 | + 70 pisaraa | 8,20 |

1. Aseta puhdas simpukka veteen.
2. Huuhtele pH-anturin pää ionivaihdetulla vedellä ja aseta anturi veteen. (Ei ihan pohjaan). Ota ylös pH aloitusarvo.
3. Lisää ruokaöljykerros. Varo likaamasta anturin päätä.
4. Säädä mittausasetukset LoggerPro-ylävalikon kellon symbolista. Mittaus kuuden tunnin välein.
5. Käynnistä mittaus Play-näppäimestä.

## Tutkimusraporttiohje

Johdanto

\* Esittelee työn aihepiirin

Tavoitteet/hypoteesi

\* Tutkimuksen tavoitteet, työhön liittyvät hypoteesit ja tutkimuskysymykset

Menetelmät

\* Mitä menetelmiä on käytetty + välineet

Tulokset

\* Kuvataan työssä saadut tulokset. Havainnollistavat kuvat ja kuvaajat

Tulosten tarkastelu

\* Verrataan saatuja tuloksia teoriaan. Tulosten luotettavuuden pohtiminen

Johtopäätökset

\* Lyhyesti työn tärkein päätelmä

# Esimerkki tutkimusraportista

Tutkimusraportti

Johdanto

Erityisesti fossiilisten poltto on lisännyt ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta. Tämän seurauksena meriveteen liukenee yhä enemmän hiilidioksidia. Se reagoi veden kanssa muodostaen hiilihappoa.

Meriveden normaali pH on tällä hetkellä noin 8,2. Sen on arvioitu muuttuvan noin 0,1 yksikköä/10 vuotta. On ennustettu, että vuonna 2100 meriveden pH olisi 7,8. Happamoituminen vaikuttaa erityisesti kalkkikuorisiin eliöihin, kuten simpukoihin.

Työssä tutkitaan merien happamoitumisen vaikutusta simpukoiden kalkkikuoriin.

Tavoitteet/hypoteesi

Hypoteesina on kalkkikuorien liukenevan happamempaan veteen nopeammin.

Mikä on eri happamuuksien vaikutus simpukoiden kuoriin?

Menetelmät

Välineinä oli pH-mittareita, tietokone ja mittausohjelma.

Simpukat laitettiin eri happamiin liuoksiin ja annettiin ajan vaikuttaa viikon simpukankuoriin.

Tulokset

Mittaustuloksissa ei ollut juurikaan uskottavuutta, sillä niihin ei saanut muodostettua viisaita kuvaajia. Kokeen jälkeisessä mittauksessa simpukoiden massa oli noussut, joten oletamme simpukoiden imeneen itseensä vettä.



Johtopäätökset

Silmämääräisesti tarkasteltuna simpukat olivat muuttuneet jonkin verran. Pinta oli erilainen ja värit olivat kulahtaneet paikoin. Uskomme mittaustulosten ensimmäisen notkahduksen johtuneen siitä, että vesi imeytyi simpukoihin, mikä lisäsi liuoksen happamuutta.

# Karbonaattipitoisuuden määritys titraamalla

Meriveden happamoitumisen vaikutusta simpukoiden kuoreen pyritään selvittämään titraamalla biologian tunnilta saadut näytteet. Kemian tunnilla tehdään Vernier-antureilla pH-titraus, jolla määritetään liuoksessa oleva karbonaattipitoisuus ja siten simpukoista mahdollisesti liuenneen karbonaatin massa.

## Työn suoritus

Kirjatkaa havainnot ryhmän OneNote sivulle. Muistakaa hyvien laboratoriomuistiinpanojen ohjeet! Vastatkaa kursivoituihin kysymyksiin.

Tarkista, että byretin hana on kiinni ja pidä varoastiaa byretin alla. Täytä byretti titrantilla (c(HCl) =0,01 M). Tasaa meniskus nollaan.

*Mikä on meniskus?*

Ota biologian tunnilta kerätty 5 ml näyte ja siirrä se kvantitatiivisesti titrausastiaan (erlenmeyer tai dekantterilasi).

*Mitä tarkoittaa kvantitatiivisesti?*

Lisää magneettisekoittaja valittuun titrausastiaan ja siirrä se levylle. Aseta Vernier pH-anturi liuokseen siten, että se ei osu magneettisekoittajaan. Käytä kouraa.

Lisää sekoitusta varovasti, jottei titrattava liuos läiky.

*Mistä tunnistat ekvivalenttipisteen?*

Aloittakaa titraus. Tähdätkää 0,2 ml lisäyksiin. Lisätkää havaintoarvot Exceliin jo titrauksen aikana, jotta tunnistatte ekvivalenssipisteen kuvaajasta. Jos titranttia menee lisäyksessä liian vähän tai likaa, korjaa arvo Excel pohjaan.

Voit lopettaa titrauksen ekvivalenttipisteen löydyttyä. Jos ekvivalenttipistettä ei ala löytymään, niin ota yhteys opettajiin.

Analysointi

Arvioi ekvivalenttipisteen paikka x-akselilla ja katso titrantin kuluma.

*Pohtikaa kuinka voitte laskea karbonaatin määrän titrantin kulumasta. Mitä tietoja tarvitsette?*

Laskekaa titraustuloksen avulla karbonaatin määrä (katso reaktioyhtälö). Lisätkää saatu kuvaaja ryhmänne OneNote sivulle.

*Pohtikaa, onko saatu tulos mielekäs?*

Virheanalyysi

*Mitkä tekijät voivat vaikuttaa todennäköisimmin mittaustuloksiin?*

*Kuinka näitä virheitä voisi eliminoida?*

*Kuinka epätarkkuus vaikuttaa saatuun tulokseen?*

Vertaisarviointi ja itsearviointi:

Kuinka työt jaettiin ryhmässänne?

**Kopioi omalle OneNote sivullesi Tutkimukset-osioon ja täytä. Jokanen täyttää itsenäisesti**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nimi | Mitä teki? | Miten suoriutui? |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

## Tuloksia

Ajanpuutteen vuoksi titrattiin ainoastaan näytteet lopputilanteesta. Alkutilanne arvioitiin laskennallisesti, mikä aiheuttaa virhettä. Näyttää kuitenkin siltä, että simpukan kuoresta on liuennut karbonaattia.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Näyte | pH alku | V [ml] | Karbonaatti [mg] | Karbonaatti lopputilanteen massa(mg) | Simpukasta veteen liuenneen karbonaatin massa(g) |
| 1 | 5,9 | 50,5 | 7,663 | 4.03361 | -3.62939 |
| 2 | 6,71 | 51 | 7,739 | 11,4 | 3,7 |
| 3 | 7,12 | 51,5 | 7,815 | 12,4 | 4,55 |
| 4 | 7,84 | 52 | 7,890 | 9,21 | 1,32 |
| 5 | 7,61 | 52,5 | 7,966 | *18.578* |  |