

Opinnäytetyö

Tieto- ja viestintäteknikka

2021

Sami Hindsberg

# AIVOSÄHKÖKÄYRÄ

– Aivotutkimuksen alkeet

OPINNÄYTETYÖ | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tieto- ja viestintätekniikka

2021 | 23 sivua, 12 liitesivua

Sami Hindsberg

# AIVOSÄHKÖKÄYRÄ

- Aivotutkimuksen alkeet

Aivojen tutkinta on suhteellisen uusi tieteenala, jonka toiminnalliset kuvantamismenetelmät mahdollistavat elävien ihmisten aivoissa tapahtuvien muutoksien kartoittamisen. Näistä aivosähkökäyrällä (EEG) kuvataan aivojen eri alueiden aktivoitumista päänahan kiinnitettävien elektrodien avulla.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua Neuroelectrics Enobio 8 laitteeseen ja laatia opas sen käyttöönotosta. Enobio 8 on 8-kanavainen EEG-lukulaite, joka on tarkoitettu aivosähkökäyrän mittaamiseen. Käyttöohjeet luotiin Turun Ammattikorkeakoulun opiskelijoiden käyttöön. Samalla tutkittiin yleistä tietoa EEG mittauksesta sekä luotiin suppea kuvaus aivojen eri toiminnoista ja rakenteesta. Tietoa aivoista esiteltiin myös lyhyellä videolla.

Aivosähkökäyrää voidaan sairauksien ja oireiden diagnosoinnin lisäksi hyödyntää esimerkiksi aivojen ja tietokoneen rajapinnassa, jossa tietynlainen aivoista lähtevä signaali voidaan ohjelmoida toteuttamaan haluttuja prosesseja. Myös näitä nykypäivän käyttökohteita on avattu opinnäytetyön tutkimusosuudessa ja tulevaisuuden mahdollisuuksia pohdittu päätöskappaleessa.

ASIASANAT:

Elektroenkefalografia  
Aivojen ja tietokoneen rajapinta  
Aivot

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Information and Communication Tehcnology

2021 | 23 pages, number of pages in appendices 12

Sami Hindsberg

# ELECTROENCEPHALOGRAM

- Fundamentals of brain study

Brain study is a relatively new field of science and its real-time imaging methods enable the mapping of changes happening in living people's brains. Electroencephalogram (EEG) records activity in different parts of the brain through electrodes fixed on the scalp.

The goal of this thesis was to explore the Neuroelectrics Enobio 8 and create a manual on how to get started with it. Enobio 8 is an 8-channel EEG sensor system for recording electroencephalogram. Manual was made for Turku University of Applied Sciences students. Also, general information on EEG measuring was studied and a brief depiction of the different functions of the brain created. Knowledge about the brain was also demonstrated in a brief video.

EEG can be used, in addition to diagnosis of deceases and symptoms, for example in brain-computer interface where a specific kind of signal from the brain can be coded to execute specific processes. These present-day applications are also discussed in the research part of the thesis and the future possibilities speculated in the closing chapter.

KEYWORDS:

Electroencephalography  
Brain-computer interface  
Brain

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 AIVOT JA HERMOSTO</b>	<b>7</b>
2.1 Aivojen rakenne	7
2.2 Aivorunko ja pikkuaivot	7
2.3 Keskiaivot	8
2.4 Limbinen järjestelmä	8
2.5 Aivokuori	8
2.6 Neuronit	10
2.7 Hermoimpulssi	10
<b>3 AIVOSÄHKÖKÄYRÄ</b>	<b>11</b>
3.1 Aivosähkökäyrä	11
3.2 Elektrodit	13
3.3 Neuroelectricsin elektrodit	13
<b>4 AIVOJEN JA TIETOKONEEN RAJAPINTA</b>	<b>16</b>
<b>5 NYKYISET KÄYTTÖKOHTEET</b>	<b>17</b>
5.1 Neuromarkkinointi	17
5.2 Inhimilliset tekijät	17
5.3 Sosiaalinen kanssakäyminen	17
5.4 Psykologia ja neurotiede	18
5.5 Kliiniset psykiatriset tutkimukset	18
5.6 Aivojen ja tietokoneen rajapinta	18
<b>6 EEG-TEKNOLOGIAN TULEVAISUUS</b>	<b>20</b>
6.1 Muistojen ja unien tallentaminen sekä uudelleenkokeminen	20
6.2 Aistien lukeminen, muokkaaminen ja jakaminen	20
6.3 Todellinen virtuaalitodellisuus	21
6.4 Työn kulku	21
<b>LÄHTEET</b>	<b>23</b>

## **LIITTEET**

Liite 1. Neuroelectrics Enobio 8 – käyttöohje (Hindsberg 2020)

Liite 2. Aivot ja EEG (video, Hindsberg 2020)

# 1 JOHDANTO

Aivojen tutkinta on suhteellisen uusi tieteenala, ensimmäiset toiminnalliset kuvantamismenetelmät kehitettiin 1929–1980 luvulla. Nämä uudet kuvantamismenetelmät antoivat meille mahdollisuuden tutkia elävien ihmisten aivoissa tapahtuvia muutoksia. (Carter 2009)

Menetelmien ansiosta aivojen rakenteen lisäksi päästiin kartoittamaan ja mittaamaan niiden toimintoja. Tämän työn pääosassa oleva aivosähkökäyrä (EEG) on menetelmä, joka kuvaa aivojen eri alueiden aktivoitumista päänahkaan kiinnitettävien elektrodien avulla. Aivosähkökäyrästä on hyötyä esimerkiksi monien sairauksien diagnosoinnissa, mutta sitä voidaan käyttää myös aivojen ja tietokoneen väliseen keskusteluun. Tietynlainen käyrä pystytään ohjelmoimaan komennoksi laitteeseen tai järjestelmään ja henkilö pystyy sitä tietoisesti tuottamalla, eli ajattelemalla, hallitsemaan järjestelmän toimintoa.

Tämä päättötyö antaa suppean kuvauksen aivojen eri toiminnoista sekä aivosähkökäyrästä (EEG) teknologiana ja sen mahdollisuuksista. Työ sisältää lyhyen videoesityksen aivojen toiminnasta sekä Turun Ammattikorkeakoulun toimeksiantona toteutetun ohjeistuksen Neuroelectrics Enobio 8 laitteen käyttöönotossa. Enobio 8 on 8-kanavainen EEG-lukulaite, joka on tarkoitettu aivosähkökäyrän mittaamiseen.

## 2 AIVOT JA HERMOSTO

Aivot ovat ihmisen tärkein elin ja hallitseva osa keskushermostoa. Keskushermosto koostuu aivoista, selkäytimestä ja ääreishermostosta. Ääreishermosto koostuu aivoista lähtevistä 12 aivohermostosta ja 31 selkäytimestä alkavasta selkäydinhermoparista. Jokainen hermo muodostuu tuhansista hermosyistä, jotka levittäytyvät pitkin kehoa ja muodostavat kattavan verkoston, jota pitkin tieto kulkee aivojen, eri tuntoelinten ja lihasten välillä. Hermosto jaetaan kahteen osastoon afferentti, joka vastaa tiedon kuljettamisesta elimistöltä aivoille ja efferentti, joka kuljettaa viestejä aivoista elimistölle. Hermostoon kuuluu myös autonominen hermosto, jolla on jonkin verran yhteisiä hermorakenteita sekä keskus- että ääreishermoston kanssa. Se toimii ”automaattisesti” ilman tietoisuutta ja vastaa ruumiin perustoimintojen säätelystä, kuten ruumiinlämpö, hengitys, sydämenlyönnit ja verenpaine. (Ullman H. 2013;)

### 2.1 Aivojen rakenne

Aivojen rakenteen voi jakaa 4 osaan, jokaisella osalla on oma tehtävänsä. Aivojen fyysinen rakenne vastaa jonkin verran aivojen mentaalista rakennetta. Aivojen alemmat alueet huolehtivat ruumiin elintärkeistä toiminnoista ilman tietoista keskittymistä. Mitä korkeammalle siirrytään aivojen rakenteessa, sitä enemmän tietoisuus tulee mukaan aivojen toimintaan. (Carter, Rita 2009)

### 2.2 Aivorunko ja pikkuaivot

Aivorunko vastaa pitkälti keski- ja matalan tason toimista, esimerkiksi silmien lähes automaattisesta kohdistamisesta kun havaitsemme liikettä. Lisäksi se on autonomisten säätelymekanismien keskus, joka vastaa hengityksen, sydämen toiminnan ja verenpaineen valvonnasta ja säätelystä.

Pikkuaivot vastaavat rakenteeltaan isoavokuorta mutta ovat huomattavasti pienemmät, ja pikkuaivojen uurteet ja poimut ovat hienovaraisempia ja järjestäytyneempiä verrattuna isoavokuoreen. Pikkuaivot vastaavat vartalon liikkeistä ja tasapainosta koordinoitulla lihasten hallinnalla.

### 2.3 Keskiaivot

Talamus koostuu kahdesta munanmuotoisesta osasta, jotka ovat noin 3 cm pitkiä ja 1,5 cm leveitä, osien välillä ei ole hermokytöksiä vaan kolmas nestettä sisältävä aivokammio sijaitsee niiden välissä. Talamus toimii aistikeskuksena, se seuloo, lajittelee ja esikäsittelee jatkuvaa informaation tulvaa ja lähettää sen eteenpäin isoaiukuorelle. Tästä poikkeuksena toimii hajuaisti, joka on suoraan yhteydessä limbiseen järjestelmään.

Hypotalamus painaa noin 4 g ja on kooltaan suunnilleen 0,4 prosenttia aivojen kokonaistilavuudesta. Hypotalamus säätelee muun muassa ruumiinlämpöä, nälkää, janoa, väsymystä, unta, sisäistä kelloa ja kiintymistä.

Aivolisäke on hypotalamuksen jatke, joka vastaa erilaisten hormonien säätelystä ja tuotannosta. Aivolisäke on noin herneen kokoinen päähormonirauhanen, joka sisältää kaksi erillistä lohkoa. Etulohko valmistaa ja vapauttaa hormoneita, jotka säätelevät elimistön muiden rauhasen toimintaa. Takalohko vastaanottaa, varastoi ja vapauttaa hypotalamukselta saatuja hormonin kaltaisia aineita. (Carter, Rita 2009)

### 2.4 Limbinen järjestelmä

Hippokampus on osa limbistä järjestelmää ja sen tärkeimmät tehtävät ovat tilallinen kokemus sekä muistojen muodostaminen ja muisti. Hippokampuksen vaurioituminen saattaa estää henkilöä luomasta uusia muistoja, vaikka usein muistot ajalta ennen vauriota pysyvät ennallaan.

Limbinen järjestelmä on kytköksissä sensorisen järjestelmän osiin, erityisesti hajuaistiin. Hajukäähmit ulottuvat aivoista nenäonteloihin ja esikäsittelevät hajuinformaatiota ennen kuin se päästetään tietoisuuteen. Limbinen järjestelmä hallitsee vaistomaista käyttäytymistä, syvälle juurtuneita tunteita ja perusimpulsseja kuten raivo, mielihyvä, seksi ja yleinen hengissä pysyminen.

### 2.5 Aivokuori

Isoaiukuori on aivojen hallitsevin osa, joka näyttää poimuilevalta lihalla ja jota kutsutaan värinsä takia usein harmaaksi aineeksi. Aivojen uurteet ja poimut ovat yksilöllisiä, mutta



rakenteellisesti hyvin samankaltaisia. Aivokuoren voi jakaa urien ja poimujen mukaan neljään eri lohkoon, jotka ovat: otsa- eli frontaalilohko, päälaki- eli parietaalilohko, ohimo- eli temporaalilohko ja takaraivo- eli oksipitaalilohko.

Aivokuoren kartoittamisessa käytetään kolmea eri tapaa. Ensimmäisessä tavassa aivot kartoitetaan näkyvien poimujen ja uurteiden mukaan. Toisessa menetelmässä aivot jaetaan mikroskooppisen anatomian mukaan, jolloin kartoitus tehdään solujen ja niiden kytkösten muotojen perusteella. Näitä alueita kutsutaan Brodmannin alueiksi, tämän tavan kehitti Korbinian Brodmann, joka tutki eri alueita ihmisten, apinoiden ja muiden nisäkkäiden aivoista (Carter, Rita 2009). Kolmannessa tavassa aivojen eri alueita ärsytetään ulkoisella signaalilla ja tutkitaan siitä aiheutuvia aistimuksia ja liikkeitä. Yksikään näistä tavoista ei kuitenkaan pysty antamaan tarkkaa kuvaa siitä, mikä kohta aivoista vastaa mistäkin tehtävästä vaan kaikki kolme karttaa ovat enemmänkin suuntaa antavia ohjeistuksia.

Ylhäältä katsottuna aivot on jaettu kahteen eri puoliskoon: vasempaan aivopuoleen ja oikeaan aivopuoleen. Aivopuoliskot ovat suunnilleen samankokoisia, niiden toiminnot kuitenkin poikkeavat huomattavasti toisistaan. (Abhang, A. Priyanka 2016)

Vasemman aivopuoliskon tehtävät:

- Kehon oikean puolen hallinta
- Tieteellinen ja matemaattinen ajattelu
- Puhe ja kirjoitettu kieli
- Analyttinen ja päämäärätietoinen ajattelu
- Looginen ajattelu

Oikean aivopuoliskon tehtävät:

- Kehon vasemman puolen hallinta
- 3D-muotojen käsittely
- Subjektiiivinen, intuitiivinen ja luova ajattelu
- Tunteiden ilmaisu
- Ilmeiden tulkitseminen
- Kehon asento

## 2.6 Neuronit

Aivojen ja hermoston yksittäiset mikroskooppisen pienet hermosolut eli neuronit ovat kaikki yksittäin toimivia kokonaisuuksia, jotka keskustelevat keskenään synapsien avulla. Neuronit voi luokitella rakenteensa mukaan kolmeen eri tyyppiin, unipolaarinen neuroni on neuroni, jonka soomasta lähtee aksoniyhteys, joka haarautuu kahdeksi tai useammaksi haaraksi. Bipolaarisessa neuronissa soomassa on joukko dendriittihaarakkeita ja yksi aksonihaarake. Aivoissa yleisin neuroni on multipolaarinen neuroni, jossa on useita dendriittijoukkoja ja yksi pääaksoni.

## 2.7 Hermoimpulssi

Hermoimpulssi on neuronin halki kulkeva pieni sähköpiikki, voimakkuudeltaan noin 100 mV ja pituudeltaan n. 1 ms. Hermoimpulssit liikkuvat yhdestä sataan metriä sekunnissa riippuen niitä kuljettavan hermon tyypistä. Hermoimpulssien kuljettama informaatio riippuu impulssin taajuudesta, lähtöpaikasta ja kohdepaikasta. EEG-laitteella luetaan juuri näitä eri taajuuksilla kulkevia pieniä sähköpiikkejä ja pyritään tulkitsemaan aivoissa tapahtuvaa toimintaa.

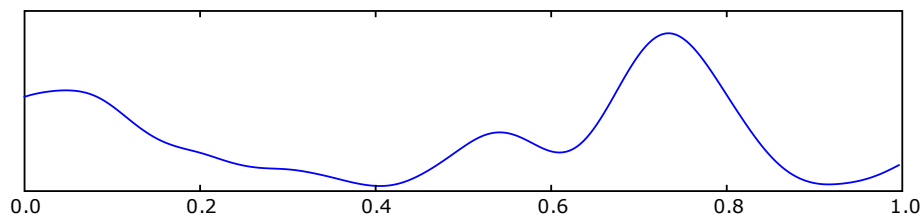
## 3 AIVOSÄHKÖKÄYRÄ

Aivosähkökäyrä (EEG) on menetelmä, jolla voidaan kuvata aivojen eri alueiden aktivoitumista päänahkaan kiinnitettävien elektrodien avulla. Aivosähkökäyrän mittasi ensimmäisen kerran Hans Berger vuonna 1929 ilman kohteelle tehtävää leikkausta. Aivosähkökäyrän mittaamista käytettiin pääasiassa erilaisten sairauksien diagnosoimiseen kuten: epilepsia, päävamma, aivokasvain, muisti- ja uniongelmat. (Abhang, A. Priyanka 2016)

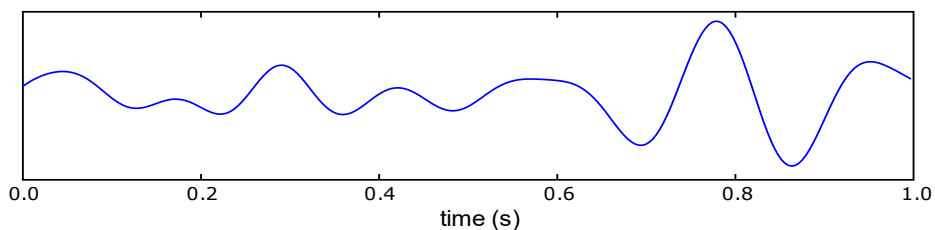
### 3.1 Aivosähkökäyrä

Aivosähkökäyrät ovat värähteleviä sähköisiä varauksia, jotka voidaan jakaa viiteen eri taajuiseen signaaliin. Aivojen eri alueet lähettävät samanaikaisesti eri taajuuksilla olevia signaaleja ja jokaisen ihmisen aivosähkökäyrä on yksilöllinen. Alla on lueteltu viisi yleisintä taajuutta ja niiden eri ominaisuuksia.

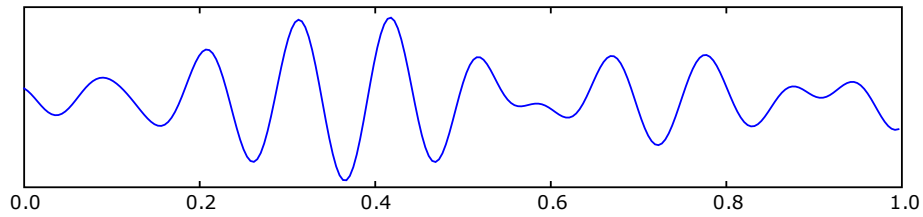
Delta ( $\delta$ ) 0,5–4 Hz Nukkuminen



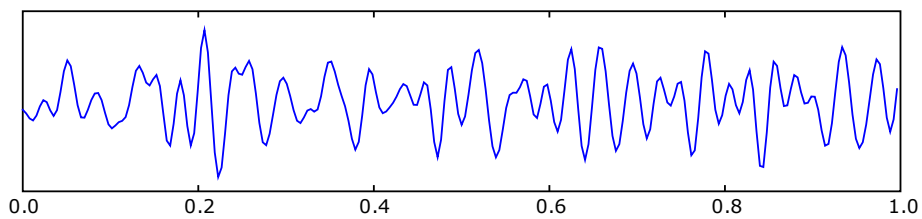
Theta ( $\Theta$ ) 4–8 Hz Syvä rentoutunut tila, sisäänpäin keskittynyt ja uneliasuus



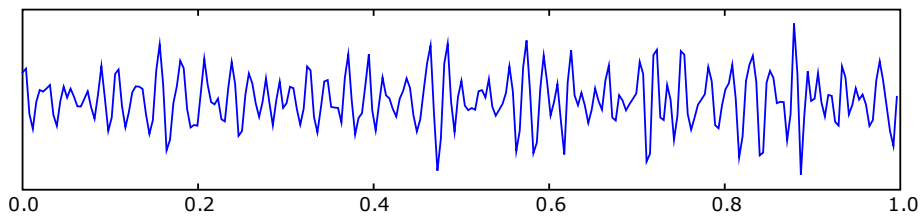
Alpha ( $\alpha$ ) 8–12 Hz Hyvin rento, passiivinen keskittyminen, miettiä



Beta ( $\beta$ ) 12–35 Hz Aktiivinen, ulkoinen keskittyminen, vilkas mieli



Gamma ( $\gamma$ ) > 35 Hz Keskittynyt, ongelmanratkaisu



Elektrodien asentamisessa käytetään yleensä kansainvälistä 10–20 järjestelmää, jossa elektrodit asetetaan päänahkaan ennalta määritettyihin paikkoihin. Järjestelmä on saanut nimensä siitä, että elektrodien etäisyydet ovat joko 10 % tai 20 % kallon kokonaisetäisyydestä edestä taakse tai oikealta vasemmalle.

Elektrodien sijoituspaikat on nimetty aivojen alueiden mukaan F (Frontaali), C (Sentraali), T (Temporaalinen), P (Parietaalinen) ja O (Okkipitaalinen). Parittomat numerot ovat vasemmalla puolella ja parilliset oikealla. (Hirsch, J. Lawrence 2010)

### 3.2 Elektrodit

EEG-signaali mitataan päänahalle asetettavien elektrodien avulla. Näistä elektrodeista tyypillisin on märkäelektrodi, joka vaatii johtavan geelin lisäämistä päänahan ja elektrodin väliin. Märkäelektrodit tuottavat parhaimman signaalin mutta niiden paikalleen asettaminen vaatii yleensä erityistoimenpiteitä, jotka vievät huomattavasti ylimääräistä aikaa ja johtava geeli jää tutkittavan hiuksiin, kunnes hän pääsee ne pesemään.

Toinen elektrodityyppi on kuivaelektrodi, joka poikkeaa märkäelektrodista huomattavasti rakenteeltaan. Kuivaelektrodi muistuttaa pientä kappaa, jonka harjakset menevät hiusten läpi päänahkaan. Tämä mahdollistaa signaalin lukemisen ilman johtavaa geeliä ja helpottaa elektrodien paikalleen asettamista myös tutkittaville, joilla on paksut hiukset.

### 3.3 Neuroelectricsin elektrodit

Nimi: NG Geltrode

Koodi: NE032

Kuvaus:

NG Geltrode on Neuroelectricsin kehittämä oma elektrodi, jota voi käyttää märkä- tai kuivaelektrodina riippuen siitä, käytetäänkö elektrodin kanssa geeliä tai Solidgel kuivageeliä. Elektrodi koostuu kahdesta osasta: rungosta, joka kiinnitetään mukana tulevaan päähineeseen ja kannesta, joka tulee runkoon kiinni. Kannen johtava pinta on hopea / hopeakloridi yhdistelmää, joka kuluu käytön yhteydessä.



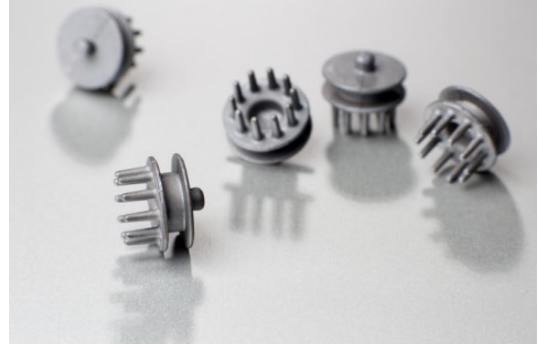
Elektrodi pitää putsata käytön jälkeen huolellisesti vedellä ja käyttämätön elektrodi pitää säilyttää suojassa suoralta auringonpaisteelta. Elektrodin käyttö ikä on noin 100 käyttökertaa.

Nimi: Drytrode

Koodi: NE023

Kuvaus:

Drytrode on kuivaelektrodi, joka on suunniteltu mahdollisimman helppokäyttöiseksi. Tämän elektrodin hyvä puoli on nopea paikoilleen asettaminen, koska se ei tarvitse johtavaa geeliä mutta signaalin laatu saattaa olla hieman heikompi verrattaessa perinteiseen märkäelektrodiin.



Elektrodi on päällystetty hopea / hopeakloridi yhdistelmällä ja siinä on 10 pientä kärkeä, joiden kautta elektrodi mittaa aivosähkökäyrän päänahasta.

Elektrodit putsataan käytön jälkeen liinalla tai vedellä. Käyttämätöntä elektrodia säilytetään suojassa suoralta auringonpaisteelta ja kosketukselta toisiin metalleihin. Tämän elektrodin käyttöikä on arviolta noin 100 käyttökertaa.

Elektrodi: NG Pistim

Koodi: NE029

Kuvaus:

NG Pistim elektrodi on hybridielektrodi, jolla pystytään lukemaan aivosähkökäyrää ja stimuloimaan aivokuorta (stimulointi vaatii



Starstim-laitteen). NG Pistim koostuu myös rungosta ja kannesta ja johtava osuus on päällystetty hopea / hopeakloridi seoksella. Elektrodin rakenteen ansiosta tämän elektrodin kanssa tarvittava geelin määrä on huomattavasti vähäisempi verrattuna NG Geltrode elektrodiin.

NG Pistim elektrodi pitää käytön jälkeen puhdistaa vanupuikolla ja vedellä. Käyttämätön elektrodi pitää säilyttää suojassa suoralta auringonpaisteelta ja kosketukselta toisiin metalleihin.

Elektrodi suositellaan vaihdettavan 10 h stimuloinnin jälkeen, stimulointi kuluttaa hopea / hopeakloridi yhdistettä huomattavasti nopeammin kuin tavallinen aivosähkökäyrän

lukeminen, valmistajan sivuilta ei löydy arviota käyttäjästä jos elektrodia käytetään ainoastaan aivosähkökäyrän lukemiseen.

## 4 AIVOJEN JA TIETOKONEEN RAJAPINTA

Aivojen ja tietokoneen rajapinnalla tarkoitetaan laitetta tai järjestelmää, jota hallitaan ainoastaan ajatuksen voimalla. Aivosignaali luetaan suoraan aivoista ja ohjataan tietokoneelle, joka on ohjelmoitu tunnistamaan tietynlaisia aivosähkökäyriä. Kun ohjelma tunnistaa seurattavat signaalit, järjestelmä tekee jonkin ennalta ohjelmoidun toiminnon. Järjestelmä voidaan esimerkiksi ohjelmoida hallitsemaan valokatkaisijaa. Aina kun tutkittava kohde keskittyy ajattelemaan vaikka käden nostamista ylös, aivosähkökäyrästä tunnistetaan tapahtuva muutos ja signaali lähetetään valokatkaisijalle, joka kytkee valot päälle. Kun taas tutkittava kohde keskittyy mielessään laskemaan kätensä, lähetetään päinvastainen komento kytkimelle ja valot sammuvat.

Aivojen ja tietokoneen rajapinta mahdollistaa esimerkiksi halvaantuneiden ihmisten kommunikoinnin ja ympäristönsä hallitsemisen pelkästään ajatuksensa voimalla. Koska aivosähkösignaali on täynnä muita häiriösignaaleja, oikean signaalin löytäminen on aluksi haastavaa muiden joukosta. Kyseisissä järjestelmissä kuitenkin myös tutkittavan henkilön saadessa palautetta keskittymisestään, on mahdollista opettaa aivot tehokkaammin tekemään haluttua toimintaa, jolloin myös järjestelmän on helpompi ajan kanssa tunnistaa juuri haluttu signaali.

2003 julkaistussa tutkimuspaperissa näytettiin, miten apinat pystyivät oppia ohjaamaan robottista kättä ja tarttumaan sillä esineisiin. (Carmena, M. Jose 2003)



## 5 NYKYISET KÄYTTÖKOHTEET

Aivosähkökäyrän mittaaminen on ollut mahdollista viimeiset 100 vuotta, mutta vielä pari vuosikymmentä sitten tämä teknologia oli ainoastaan lääkäreiden ja neurotieteilijöiden käytössä. Tietokonelaitteiston ja laskentatehon nopea edistyminen on vasta viime vuosikymmenien aikana mahdollistanut aivosähkökäyrän tutkimuslaitteiston saatavuuden myös julkiselle sektorille. Tämä on kiihdyttänyt ymmärrystämme aivojen toiminnasta ja luonut useita uusia käyttökohteita, joihin aivosähkökäyrää voidaan hyödyntää.

### 5.1 Neuromarkkinointi

Neuromarkkinoinnissa pyritään ennakoimaan, tai jossain tapauksissa vaikuttamaan, asiakkaiden ostopäätöksen tekoon. Miten eri mielentilat vaikuttavat ostopäätökseen ja miten näitä mielentiloja voidaan muuttaa ulkoisilla toimilla. Neuromarkkinoinnilla pyritään myös paremmin mittaamaan asiakkaiden mielipiteitä tuotteita tai yrityksiä kohtaan.

### 5.2 Inhimilliset tekijät

Inhimillisissä tekijöissä, joiden alkuperäinen pääpaino on psykologiassa, tutkitaan miten tutkittava kohde reagoi ympäristöönsä. Miten hän toimii erilaisten työkalujen, rajapintojen tai sosiaalisten tilanteiden kanssa. Tässä pyritään etenkin kiinnittämään huomiota eroavaisuuksiin erilaisten persoonallisuuspiirteiden välillä; Miten sisäänpäinsuuntautunut yksilö reagoi ympäristöönsä verrattuna ulospäinsuuntautuneeseen yksilöön. Lisäksi tutkitaan, miten eri kognitiiviset tilat vaikuttavat esimerkiksi tarkkaavaisuuteen tai reaktiokykyyn.

### 5.3 Sosiaalinen kanssakäyminen

Ihmiset ovat sosiaalisia eläimiä ja viettävät suuren osan ajastaan sosiaalisessa kanssakäymisessä. Näissä tilanteissa keskitytään tutkimaan kohteen itsearviointista, sosiaalisesta käsityksestä ja käyttäytymisestä vastaavia aivotoimintoja. On tärkeää ymmärtää, että sosiaalinen kanssakäyminen ja kommunikaatio ei ole passiivista reagoimista ulkopäin tulevaan ärsykkeeseen. Aina kun keskustelemme tai ratkaisemme ongelmia

yhdessä, meidän pitää synkronoida itsemme kumppanin kanssa. Tätä tilaa tutkitaan useammalla samanaikaisella aivosähkökäyrää lukevalla laitteella, jolloin voidaan samanaikaisesti tarkkailla keskustelun molempia osapuolia ja katsoa miten aivojen toiminta muuttuu normaalista yksinolevasta tilasta.

#### 5.4 Psykologia ja neurotiede

Psykologisissa tutkimuksissa pyritään keskittymään aivojen prosesseihin, joiden taustalla on tarkkaavaisuus, oppiminen ja muisti; Siihen, miten me havaitsemme ympäristömme tai odotuksemme muokkaavat tapaamme nähdä ympärillemme. Näitä tutkimuksia tehdään suurissa määrin ja niissä tutkittavan aivosähkökäyrästä pyritään hakemaan ulkoiseen tapahtumaan liittyviä muutoksia. Yleensä joko nappia painamalla tai ajallisesti lisätään aivosähkökäyrään merkki, jonka vaikutus halutaan nähdä jonkinlaisena signaalina muutoksena.

#### 5.5 Kliiniset psykiatriset tutkimukset

Kun aivojen toiminta on heikentynyt sairauden, geneettisen poikkeaman tai vamman takia, tutkittavan kohteen käyttäytymisessä, tarkkaavaisuudessa ja kognitiivisissa toiminnoissa on mahdollista huomata puutteita. Tällöin potilaan diagnosoinnissa käytetään apuna aivosähkökäyrää, jolla pystytään määrittelemään vamman sijainti, vakavuus ja miten mahdollinen vamma vaikuttaa potilaan aivotoimintaan. Myös mahdollisia oireita voidaan diagnosoida aivosähkökäyrää tulkitsemalla.

Aivosähkökäyrää käytetään myös aktiivisesti lääkityksen ja terapian seurantamuotona, jolloin voidaan aivosähkökäyrän muutoksilla seurata lääkityksen tai terapian toimivuutta potilaskohtaisesti. Nykyteknologian kehityksen myötä myös virtuaalitodellisuudessa tapahtuvat erilaiset terapiamuodot ovat yleistyneet ja tämä mahdollistaa helposti samalla myös tutkittavan aivosähkökäyrän mittaamisen ja tallentamisen.

#### 5.6 Aivojen ja tietokoneen rajapinta

Nykyään ymmärretään paljon enemmän, mitkä aivojen alueet ovat aktiivisia, kun saamme ulkopuolista stimulaatiota, valmistaudumme ja suoritamme liikettä tai opimme

uusia asioita ja tallennamme muistiin uutta tietoa. Tämä ymmärrys antaa mahdollisuuden todella mielenkiintoisille uusille käyttökohteille. Vammautuneet potilaat pystyvät ohjaamaan pyörätuoliaan tai liikuttamaan kursoria näytöllä pelkästään ajattelemalla liikettä. Aivojen ja tietokoneen rajapintaa voidaan käyttää myös painavien kuormien nostamiseen. Esimerkiksi työmiehellä voi olla päässään panta, joka mittaa aivosähkökäyrää ja on yhteydessä motorisoituun ulkoiseen tukirankaan, joka avustaa painavien kuormien nostamisessa.

## 6 EEG-TEKNOLOGIAN TULEVAISUUS

Teknologian nopea kehittyminen on tuonut aivosähkökäyrän tutkimisen myös yksityishenkilön saataville. Aivosähkökäyrää mittaavien laitteiden tilaukseen ei tarvita mitään erityisiä lupia ja internetistä on jopa saatavilla open-source-ohjeita, joiden avulla voi itse rakentaa mittalaitteet aivosähkökäyrän lukemiseen. Uskoisin teknologian laajan saatavuuden tulevan entisestään nopeuttamaan aivojen tutkintaa ja avaamaan mahdollisuuksia uusille löydöksille. Jotta isoja edistyksiä saadaan tehtyä aivojen tulkitsemisessa, tarvitaan kuitenkin uutta tapaa lukea aivosähkökäyrää. Nykyinen tapa antaa edelleen melko epätarkan kuvan aivojen toiminnasta. Jos pystymme kehittämään teknologian, jolla pystytään tarkemmalla resoluutiolla lukemaan aivoissa tapahtuvien eri alueiden aktivoitumista, helpottaa tämä uusien käyttökohteiden kehittämistä.

### 6.1 Muistojen ja unien tallentaminen sekä uudelleenkokeminen

Tulevaisuudessa saattaisi olla mahdollista tallentaa muistoja tai kokemuksia suoraan ulkoiselle medialle. Jotta tähän päästään, meidän täytyy ensin ymmärtää paremmin, miten aivot käsittelevät muistoja ja kokemuksia. Jos pystymme ulkoisesti lukemaan tapahtuman, joka luo uuden kokemuksen tai muiston, niin en näe mitään estettä sille, etteikö tätä pystyisi tallentamaan ulkoiselle medialle. Tässä haasteena tulee varmasti olemaan yksilöiden eroavaisuudet ja se, miten eri kokemukset vaikuttavat eri ihmisiin. Pystytäänkö näitä kokemuksia jotenkin yhtenäistämään vai ovatko ne aina vahvasti henkilökohtaisia, vanhojen kokemusten perusteella tehtyjä muistoja?

### 6.2 Aistien lukeminen, muokkaaminen ja jakaminen

Entä kokemamme aistit, mitä jos näitä pystyisi tulkitsemaan sähköisessä muodossa, jopa ennen kuin aivot käsittelevät tiedon? Tällöin voisi esimerkiksi olla mahdollista, että kyseinen viesti voitaisiin sellaisenaan siirtää toisen ihmisen hermorataan. Tulkitsevatko ihmiset kuitenkin viestit täysin samalla tavalla vai onko myös näissä yksilökohtaisia eroja? Mielestäni mielenkiintoinen testi olisi vaikka eristää makuhermo ja antaa koehenkilölle vaikka mansikka syötäväksi. Tästä tallennettaisiin sähköinen signaali ennen kuin aivot tulkitsevat sen ja siirrettäisiin toiselle koehenkilölle. Pystyisikö tällöin toinen

koehenkilö maistamaan ensimmäisen syömän mansikan? Jos pystyisi, niin en näe mitään estettä sille, miksi emme pystyisi vaikkapa tallentamaan eri makuja ja lataamaan niitä suoraan aivoihin.

### 6.3 Todellinen virtuaalitodellisuus

Mitä jos pystyisimme syöttämään tietoa suoraan aivoihin? Tunto, näkö, ääni ja liike. Tämä mahdollistaisi aivan uuden tavan luoda sisältöä. Ajattele vaikkapa tietokonepeliä, jossa koet olevasi oikeasti fyysisesti paikalla. Pystyt kävelemään ympäri maailmaa, tunnet miltä sen eri pinnat tuntuvat, kuulet ja mahdollisesti myös haistat tuttuja ärsykeitä ympäristöstä. Tämä on teoreettisesti jo tällä hetkellä mahdollista selkounessa, jossa ihminen tajuaa olevansa unessa ja pystyy vaikuttamaan tietoisesti ympäristöönsä. Mitä jos pystyisimme aivosähkökäyrää muokkaamalla luomaan ihmiselle tällaisen tietoisun unen tilan? Pystyisimmekö silloin ulkoisesti vaikuttamaan koehenkilön kokemaan maailmaan muokkaamalla aivosähkökäyrää?

### 6.4 Työn kulku

Valitsin opinnäytetyöni aiheen, koska itselläni on ollut vakavia uniongelmia ja minua kiehoi ajatus pystyä tutkimaan omaa aivosähkökäyrääni. Etenkin minua kiinnosti ottaa selvälle, pääsenkö missään vaiheessa syvään REM-uneen vai nukunko ainoastaan pinnallista unta. Olin ensin ajatellut itse rakentaa tätä varten EEG-mittauslaitteen open-source-ohjeiden perusteella. Opettajan ohjauksesta päädyin kuitenkin keskustelemaan EEG-laitteen tarjoamista mahdollisuuksista Turun Ammattikorkeakoulun hyvinvointiteknologian puolen opettajan kanssa, jonka tuloksena koululle päätettiin tilata valmis EEG-laite Neuroelectrics Enobio 8. Sain toimeksiantona opinnäytetyöni aiheeksi laatia kevyen johdannon aivosähkökäyrän mittaamisesta sekä käyttöohjeen Enobio 8 laitteelle.

Tilatun laitteen kaikkien tarvittavien osien saamiseen kului jonkin verran aikaa. Elektrodien toimittamisessa oli sekaannuksia ja Neuroelectricsin ollessa amerikkalainen yritys, tavaroiden saapumista jouduttiin muutamaan kertaan odottelemaan. Kun vihdoin saimme kaikki tarvittavat elektrodit, pääsin itse testaamaan laitetta ja mittaamaan sillä onnistuneesta omaa EEG-käyrääni. Testasin alkuperäisen ideani pohjalta myös yhden yön laitetta, mutta sen elektrodien rakenne ei oikein soveltunut yö-käyttöön. Elektrodit kohosivat sen verran korkealle, että tuntui kuin olisi nukkunut pienten kivien päällä.

Elektrodeissa oli myös yöllä liikkussa kontaktihäiriötä, joten en loppujen lopuksi saanut käyttökelpoista mittaustulosta aikaiseksi unen ajalta.

Opinnäyteyön kulkua haittasi huomattavasti loppuvaiheessa minulle henkilökohtaisista syistä kokeiltu sähköshokkiterapia, jonka seurauksena menetin osia muististani. Näiden pitäisi palautua jossain kohtaan, mutta tämä vaikeutti todella paljon opinnäytetyöni jatkamista. Tästä syystä työ jäi jonkin verran alkuperäistä suunnitelmaa suppeammaksi.

## LÄHTEET

Abhang, A.P., Gawali, W.B. & Mehrotra, C.S. 2016, *Introduction to EEG- and Speech - Based emotion recognition*, Mara Conner.

Budowick Michael, Bjälle G. Jan, Rolstadt Bent & Toverud C. Kari 2008, *Anatomian Atlas*, Sanoma Pro Oy.

Carter, R. 2009, *Aivot*, Readme.fi, Helsinki.

Despopoulos, A. & Silbernagl, S. 1991, "Central Nervous system and Senses" in *Color Atlas of Physiology*, 4th Edition edn, Thieme Medical Publishers, Inc, New York, pp. 272-295.

Hirsch, J.L. & Brenner, P.R. 2010, *Atlas of EEG in Critical Care*, John Wiley & Sons, Ltd.

Rashid, M., Sulaiman, N., P. P. Abdul Majeed, Anwar, Musa, R.M. & Ab Nasir, A.F. 2020, "Current Status, Challenges, and Possible Solutions of EEG-Based Brain-Computer Interface: A Comprehensive Review", vol. *Frontiers in Neurorobotics*, no. Jun 3, 2020.

Ullman H. 2013, *Opas anatomiaan*, Helsingin Kirjatukku Oy.

# Neuroelectrics Enobio 8

Käyttöohje



# Sisällysluettelo

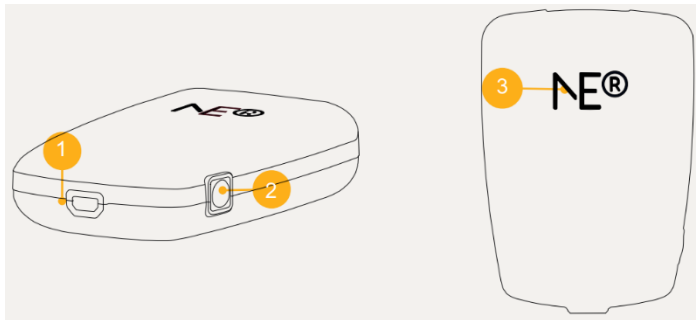
---

<a href="#">Esittely</a> .....	3
<a href="#">Järjestelmävaatimukset</a> .....	4
<a href="#">NIC 2 asennus</a> .....	5
<a href="#">Mittauksen aloittaminen</a> .....	6
<a href="#">Elektrodit</a> .....	11

## Esittely

Tässä ohjeessa neuvotaan miten päästään helposti alkuun Neuroelectrics Enobio 8 laitteen kanssa, miten laite otetaan käyttöön ja asennetaan tarvittavat sovellukset, jotta päästään analysoimaan kohteen aivosähkökäyrää.

Laite:



Lataus LED (1)

Virtapainike (2)

Virtavalo (3)

Päähine



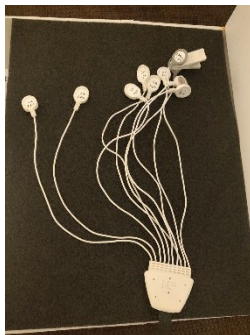
Laturi



Elektrodi (8kpl)



Elektrodi kaapelit



Kaareva ruisku



USB kaapeli



## Järjestelmävaatimukset

---

NIC2 (Neuroelectrics Instrument Controller 2) ohjelmiston minimi vaatimukset:

- Yhteensopiva käyttöjärjestelmä:
  - Windows (Vista / 7 / 8 / 10)
  - Mac OS X ( > Snow Leopard)
- Prosessori:
  - 1.6 GHz
- RAM:
  - 2 GB
- Käyttöliittymä:
  - USB tai WIFI
- Näytön resoluutio:
  - 1280 x 768

## NIC 2 asennus

---

Uusin versio NIC 2 ohjelmistosta löytyy Neuroelectrics® nettisivuilta:

<https://www.neuroelectrics.com/resources/software>

Valitse käyttöjärjestelmälle sopiva asennus tiedosto.

### MAC OS X

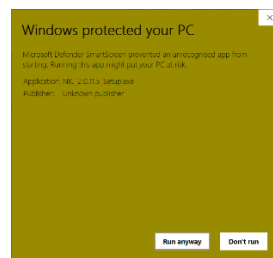
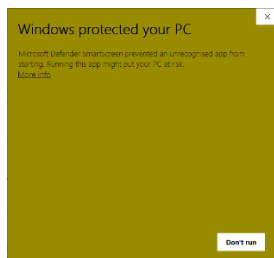
Pura ensin ladattu \*.zip tiedosto, jonka jälkeen voit normaalisti asentaa ohjelmiston tuplaklikkaamalla ja seuraamalla asennuksen aikaisia ohjeita.

Käyttäjän pitää sallia tuntemattomien kehittäjien pakettien asennus.

### WINDOWS

Jos Enobio 8 laite liitetään tietokoneeseen USB kaapelilla, joudutaan asentamaan erilliset USB ajurit Windows 7 ja Windows 8 käyttöjärjestelmille. Windows 10 ei vaadi erillistä ajurin asennusta.

Asennuksen yhteydessä Windows saattaa ilmoittaa, että asennettavan ohjelman kehittäjää ei ole tunnettu ja se saattaa vahingoittaa konetta. Tässä tapauksessa pitää antaa erillinen lupa, että Windows saa asennettua ohjelman.



Kun asennus on käynnistetty seuraa vain ruudulla näkyviä ohjeita ja etene niiden mukaan. Mikäli järjestelmästä puuttuu jokin liitännäispaketti, asennusohjelma ilmoittaa siitä ja avaa lisäosan asennus ikkunan (Microsoft Visual C++ 2012).



## Windows 7

- Mene ohjauspaneeliin
- Valitse laitehallinta
  - Hiiren oikealla painikkeella **CDC Virtual COM**
  - Päivitä ajuri
  - Ajuri löytyy kansioista (C:\Ohjelma tiedostot\ NeuroElectrics\NIC2\usbdriver.

Asennuksen jälkeen voit käynnistää NIC2 ohjelman ja jatkaa eteenpäin.

## Windows 8

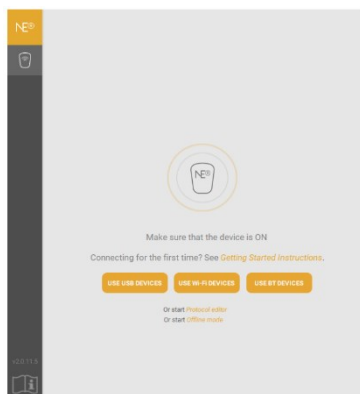
- Mene kansioon C:\Ohjelma tiedostot\NeuroElectrics\NIC2\usbdriverwin8.
- Käynnistä kansiossa oleva ohjelma. (**driver-atmel-bundle-7.0.888.exe.**)

Asennuksen jälkeen voit käynnistää NIC2 ohjelman ja jatkaa eteenpäin.

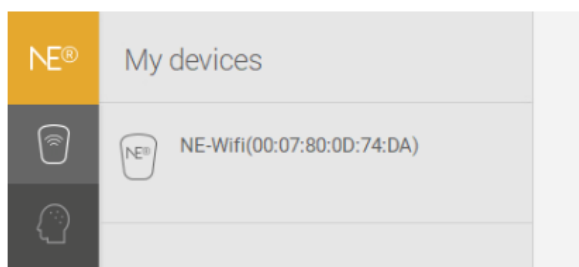
## Mittauksen aloittaminen

---

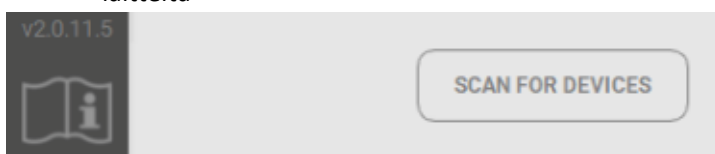
- Käynnistä NIC2 sovellus
- Käynnistä Enobio 8
- Valitse yhdistys tapa



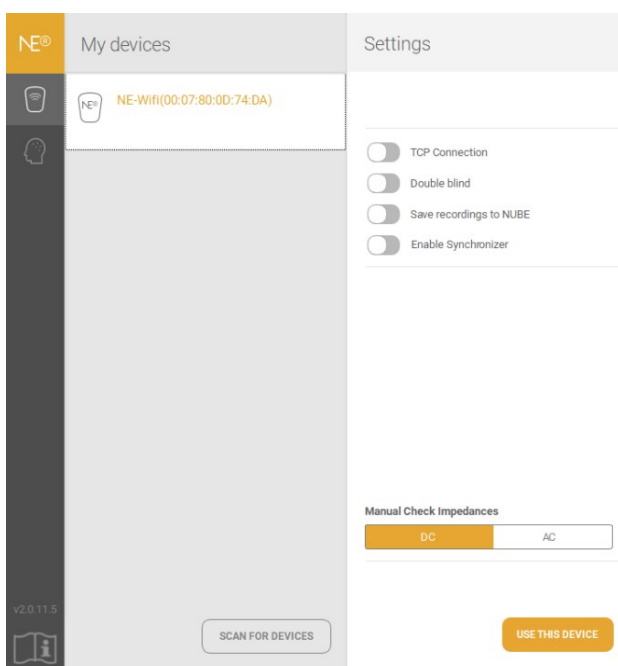
- Laitteen MAC osoite ilmestyy NIC2 ikkunaan



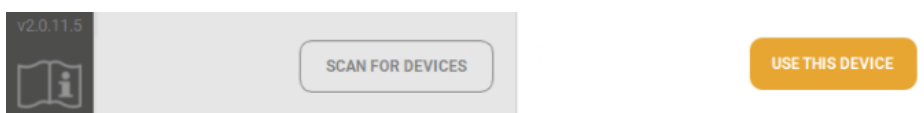
- Jos laitteen MAC osoitetta ei näy listalla NIC2 paneelin alhaalla on painike, josta voi etsiä laitteita



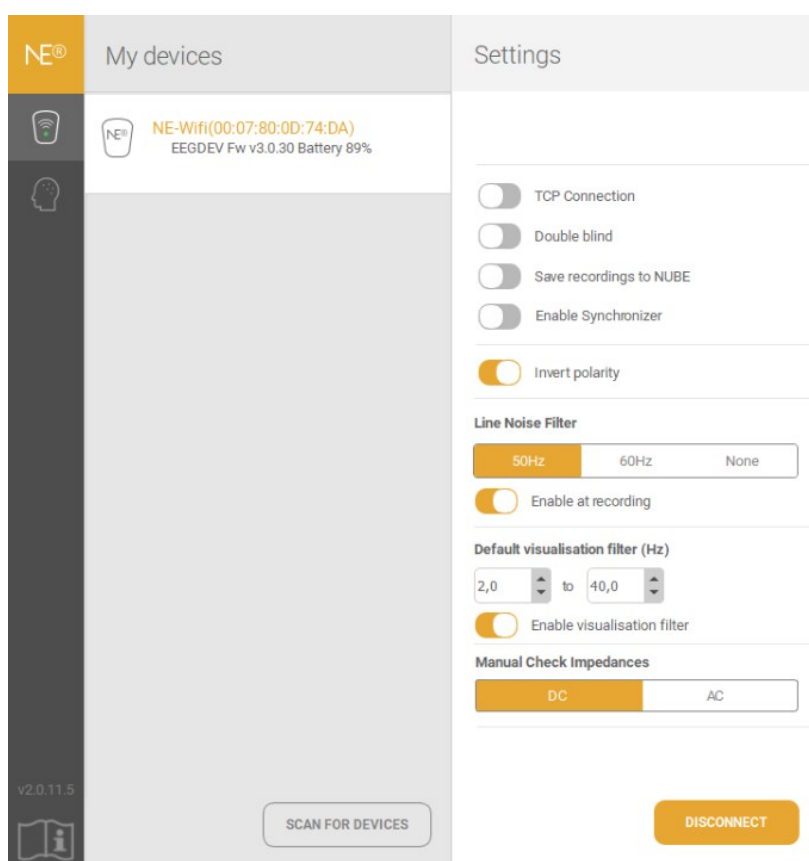
- Valitse laite listalta. Tämä aukaisee asetukset näkymän



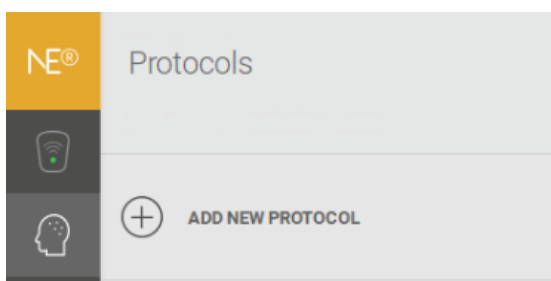
- Käytä tätä laitetta



- Seuraavassa asetus ikkunassa tärkeitä kohtia:



- Invert polarity
  - Vaihtaa signaalin etumerkin
- Noise Filter 50Hz (Sähköverkon taajuus Suomessa)
  - Suodattaa sähköverkon 50Hz taajuuden pois lukemista
  - Enable at recording poistaa häiriöt myös tallennettavasta tiedostosta
- Default visualisation filter (Hz)
  - Tässä kohdassa voi valita tietyn taajuusalueen mikä jätetään pois mittaus tulok-  
sista
- Seuraavaksi luodaan EEG protokolla valitsemalla pään kuva NIC ohjelmasta



- Anna protokollalle yksilöllinen nimi

New Protocol

Sleep\_Cycle

Steps

1 EEG

Step total duration 08:00:00

ADD NEW STEP

CANCEL FINISH and SAVE

Template

User defined

Design

EEG

Add positions to the design

EOG Training Duration (sec) 1

EOG Correction

EEG Stimulation

- Protokollaan voi määrittellä useita tehtäviä (step). Anna tehtäville kuvaava nimi.
- Kun protokollaan on luotu. Valitaan käytössä olevat kanavat oikeisiin alueisiin. (alueen nimet löytyvät myös päähineestä)

New Protocol

Sleep\_Cycle

Steps

1 EEG

Step total duration 08:00:00

ADD NEW STEP

CANCEL FINISH and SAVE

Template

User defined

Design

EEG

Fp1 Ch 1 X Fp2 Ch 2 X Fc2 Ch 3 X

Fc1 Ch 4 X Cp5 Ch 5 X Po3 Ch 6 X

Cp6 Ch 7 X Po4 Ch 8 X

EOG Training Duration (sec) 120

EOG Correction

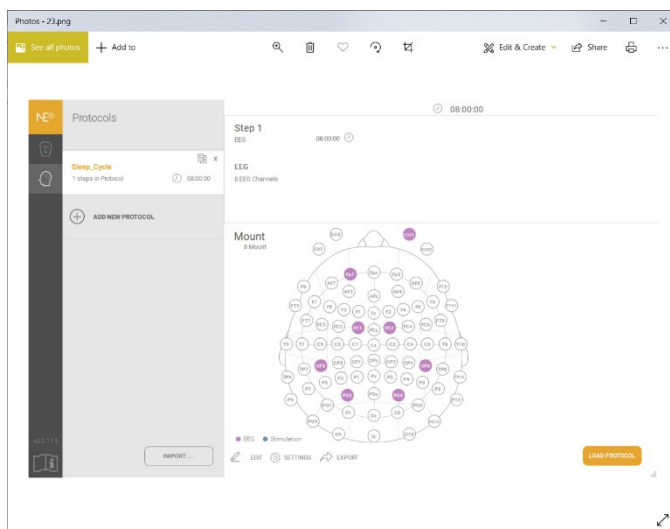
EEG Stimulation



- Silmien liikkeistä aiheutuvat häiriöt (EOG) VAPAAEHTOINEN
  - EOG Correction pyrkii poistamaan silmien liikkeiden aiheuttamat häiriöt.
  - EOG vaatii yhdestä kahteen elektrodiä, jota ohjelma käyttää silmien liikkeiden tunnistamiseen
  - Elektrodit kannattaa asettaa mahdollisimman lähelle silmiä.
  - Käytä Stickrode elektrodiä, jotka saa liimattua iholle



- Määrittele kuinka kauan NIC2 ohjelmisto opettelee tunnistamaan silmien aiheuttamat häiriöt
- Kun kaikki halutut asetukset ovat määritelty valitse FINISH and SAVE
- Seuraavaksi tarkastetaan protokollan asetukset



- Asetuksissa valitaan haluttu tiedostomuoto
  - \*.easy tallentaa mitatut tiedot ASCII muodossa
  - \*.nedf tallentaa mitatut tiedot binaari muodossa XML ylätunnisteella
  - \*.edf+ tallentaa tiedot binaari muodossa tiedostoon. (EDF tulee sanoista European Data Format, eli tämä tiedostomuoto tallentaa tulokset yleiseen EEG standardin mukaan)
- Output directory. Valitse kansio johon NIC2 tallentaa mitatut tulokset.
- Key Markers. Voit valita 1 – 9 näppäimistö joita painamalla mittaus dataan lisätään merkintä painetusta painikkeesta.
- Lopuksi paina Load protocol painiketta.

## Elektrodit

Varmista ensin, että elektrodien pohjat ovat oikeissa paikoissa luomasi protokollan kanssa. Varmista, että päähine menee tutkittavan päähän tukevasti. Enobio 8 laitteen mukana tulevat elektrodit käyttävät samoja elektrodi pohjia, joten niitä ei tarvitse erikseen vaihtaa.

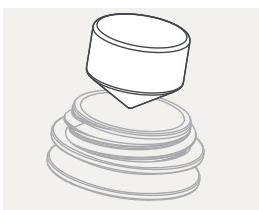
- NG Geltrode ja Solidgel kiinteä geeli on tarkoitettu käytettävän yhdessä.



- Kasta vanutupon pää vesi ja glyseriini sekoitukseen (1:1).
- Siirrä hiuksia sivuun ja kostuta päänahkaa vanupuikolla



- Aseta Solidgel nappi terävä pää edellä elektrodi alustaan



- Kiinnitä elektrodi alustan kansi



- NG Pistim elektrodi on parasta käyttää, jos tutkittavalla on lyhkäiset tai ohkaiset hiukset



- Poista ruiskun pää ja annostele geeli suoraan kaarevapäiseen ruiskuun
- Ruiskuta pieni kerros geeliä NG Pistim elektrodin pinnalle
- Kiinnitä alustan kansi

Tarkista NIC 2 näkymästä elektrodien saaman signaalin laatu (QI). Vihreä ja oranssi pallo elektrodin vieressä tarkoittaa hyvää tai kohtalaista signaalia ja voit jatkaa kokeen etenemistä. Punainen tarkoittaa, että signaali on heikko ja vaatii elektrodin parempaa paikoilleen asettamista. Mikäli elektrodi menee kokeen aikana punaiseksi, ei kannata heti lopettaa koetta vaan kannattaa seurata jos signaalin laatu paranee itsestään.

- ▶ **green** (QI: 0.0 - 0.5)
- ▶ **orange** (QI: 0.5 - 0.8)
- ▶ **red** (QI: 0.8 - 1.0)