

# EEG laborist väljas

1

KURSUS „SISSEJUHATUS  
PSÜHHOFÜSIOLOOGIA RAKENDUSTESSE“

DR. IIRIS TUVI

Kursuse loomist toetab Haridus- ja Noorteameti IT Akadeemia

2

## Sisukord



Pilt 1. EMOTIV  
wireless EEG

- Mis on aju-arvuti liides
- Millistes valdkondades kasutatakse
- EEG signaali kasutusetapid
- aju-arvuti liideste elektroodid
- Kontrollimissignaali tüübid ja näited nendega seotud liidestest
- Liideste kategoriseerimise viisid
- Artefaktid ja nende lahendused

3

**Aju-arvuti  
liides (*brain-  
computer  
interface*) =**

**Aju-masina  
liides (*brain-  
machine  
interface*)**

Tehnoloogia, mis  
võimaldab digitaalse  
seadme kontrollimist  
ilma keha liigutamata.

Arendus toimub paljude  
valdkondade koostöös:

Neuroteadus

Meditiin

Signaalitöötlus

Tehisintellekt

Elektroonika

Aju-arvuti liidese disain

4

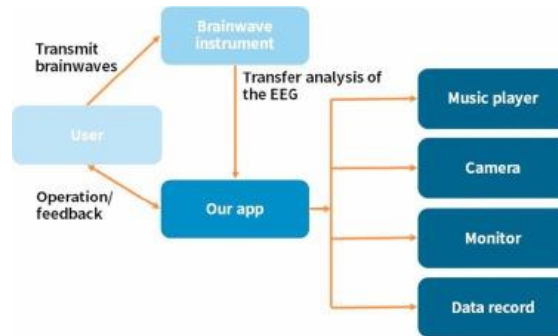
**Aju-arvuti  
liideste  
kasutusvald-  
konnad I**

- **Meditiin** (proteesikontroll; vaimse häire ravi, nt ADHD, Alzheimer, ärevus, depressioon)
- **Meelelahutus** (mängud, filmid nt „*The Moment*“ (2018), Richard Ramchurn)
- **Haridus** (testiärevuse vähendamine, keskendumise jne jälgimine)
- **Turvasüsteemid** (pidev kasutaja tuvastus; turvaline „salasõna“)
- **Kommunikatsioon** ( nutitelefone või TV äpi kontrollimine)

5

## Aju-arvuti liideste kasutusvald- konnad II

Nutitelefoni või TV  
äpi kontrollimine  
EEG abil



[Nutitelefoni ajuskänner](#)

[TV rakenduse kontrollimine EEG abil](#)

Hsu (2017).

6

## Aju-arvuti liideste kasutusvald- konnad III

Neuro-  
marketing

(kasutajad:  
Microsoft,  
Facebook,  
Google, NBC  
jne)

- EEG eri signatuurid kindlatele brandidele
- EEG muutub vastavalt sellele, kas näidatakse enne hinda või toodet (Plassmann)
- EEG võimaldab näidata, mis tasemel on inimene huvitatud tootest
- Toote edukuse ennustamine (Cerf)

Ülevaade tarbimise neuroteadusest  
(Solnais et al 2013)

<https://hbr.org/2019/01/neuromarketing-what-you-need-to-know>



8

## Aju-arvuti liideste elektroodid I



EMOTIV EPOC+ Elektroodidel on füsioloogilise lahusega niisutatavad vildipadjad.

### Mitte-invasiivsed elektroodid

(kuivad elektroodid-teras või polümeer; peale kleebitavad elektroodid; vildist patjadega el-d)




a



b



c



d

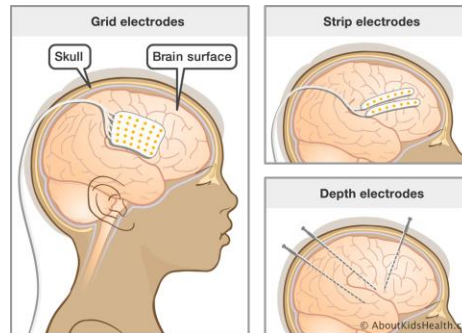
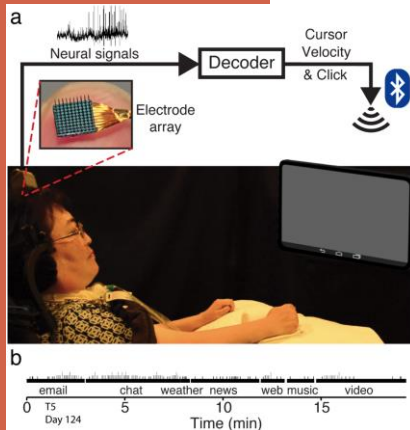


Ferrari et al (2020).

9

## Aju-arvuti liideste elektroodid II

### Invasiivsed elektroodid



<https://vimeo.com/302480932>

Nuyujukian et al (2018)

10

## Aju-arvuti liideste kontrollimis signaali tüübid

### Kõik kontrollimissignaali tüübid ülevaatlilikult

**Table 2.** Summary of control signals.

Signal	Physiological phenomena	Number of choices	Training	Information transfer rate
VEP	Brain signal modulations in the visual cortex	High	No	60–100 bits/min
SCP	Slow voltages shift in the brain signals	Low (2 or 4, very difficult)	Yes	5–12 bits/min
P300	Positive peaks due to infrequent stimulus	High	No	20–25 bits/min
Sensorimotor rhythms	Modulations in sensorimotor rhythms synchronized to motor activities	Low (2, 3, 4, 5)	Yes	3–35 bits/min

Fernando Nicolas-Alonso, L. and Gomez-Gil, J. (2012).

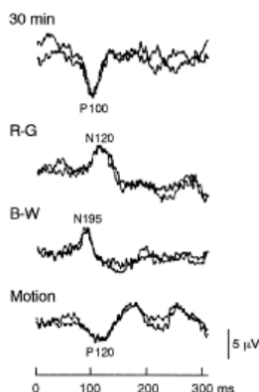
11

## Aju-arvuti liideste kontrollimis signaali tüübid I

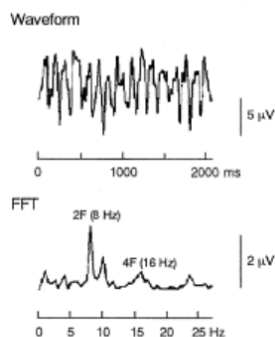
SSVEP - aju vastus  
visuaalsele  
stiimulile, mida  
vilgutatakse 6 Hz  
kõrgema  
sagedusega

Transient VEP aju  
vastus 6 Hz  
madalamale  
vilgutamisele

### A Transient VEPs



### B Steady-state VEPs



Näide robotikae juhtimisest:

<https://www.youtube.com/watch?v=xABbrPbm-P4>

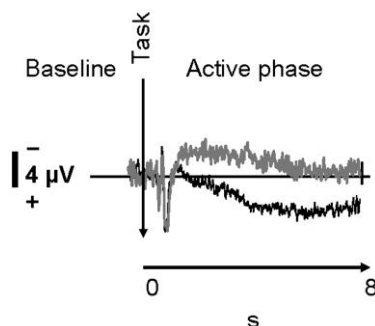
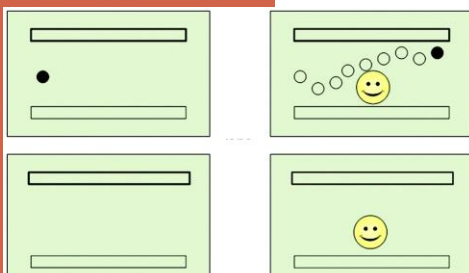
12

## Aju-arvuti liideste kontrollimis signaali tüübid II

Mõõdetakse  
verteksilt (Cz)

## Slow cortical potentials (SCP) ehk aeglase kortikaalsete potentsiaalidega kontrollimine

Aeglased kortikaalsed potentsiaalid – elektr  
aktiivsus ajus, mille sagedus on väiksem kui 1  
Hz.



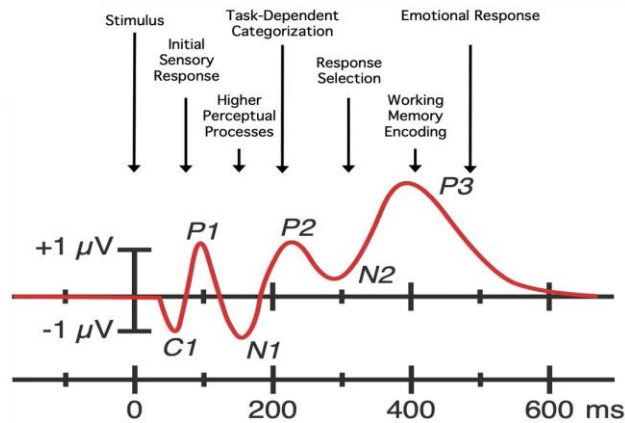
ADHD ravis kasutatav neurotagasiside treening, negatiivsuse suurendamise treening, kliiniliste uuringutega tõestatud efekt, nt Aggensteiner, P.-M. et al. (2019),

13

### Aju-arvuti liideste kontrollimis signaali tüübid III

A	B	C	D	E	F
G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X
Y	Z	1	2	3	4
5	6	7	8	9	-

### • Sündmuspotsiaal P300ga (P3) kontrollimine



<https://www.youtube.com/watch?v=dEb1jKdqVP8&t=84s>

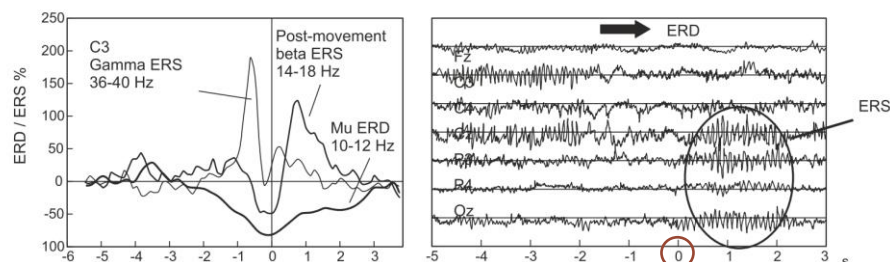
14

### Aju-arvuti liideste kontrollimis signaali tüübid IV

### • Sensomotoorsete rütmidega kontrollimine

Mü, gamma ja beeta sagedused saavad olla sündmusega seotult (*event-related*) desünkroniseeritud (ERD) või sünkroniseeritud (ERS) kui toimub motoorne tegevus, sensoorne stimulatsioon või nende ettekujutamine.

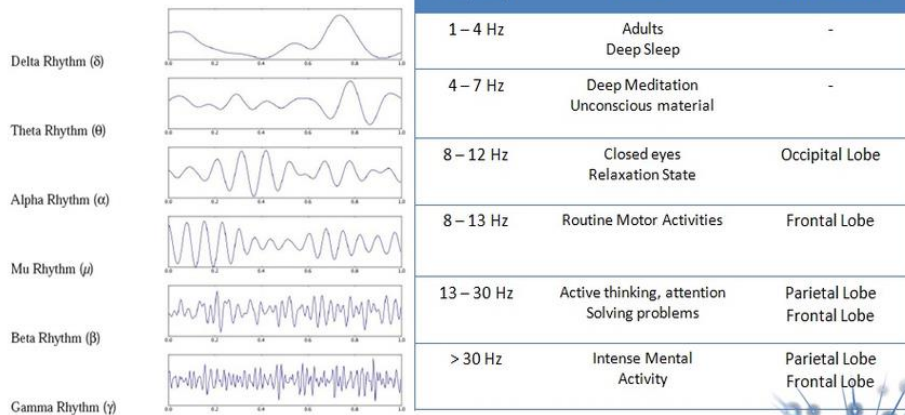
<https://www.braingate.org/publication-videos/>



Fernando Nicolas-Alonso, L. and Gomez-Gil, J. (2012).

15

## Sagedused EEGs



Üldiselt sagedustest: <https://www.youtube.com/watch?v=6Qu9KnohYGo> (02:54)

16

## Aju-arvuti liideste tüübid I

- Kontrollsignaal tekitatakse välise stimulatsiooni abil (**eksogeenne tüüp**) või ettekujutamise abil (**endogeenne liidese tüüp**)

**Table 4.** Main differences between exogenous and endogenous BCI.

Approach	Brain signals	Advantages	Disadvantages
Exogenous BCI	<ul style="list-style-type: none"> <li>SSVEP</li> <li>P300</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimal training</li> <li>Control signal set-up easily and quickly</li> <li>High bit rate (60 bits/min)</li> <li>Only one EEG channel required</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permanent attention to external stimuli</li> <li>May cause tiredness in some users</li> </ul>
Endogenous BCI	<ul style="list-style-type: none"> <li>SCPs</li> <li>Sensorimotor rhythms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Independent of any stimulation</li> <li>Can be operated at free will</li> <li>Useful for users with sensory organs affected</li> <li>Suitable for cursor control applications</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Very time-consuming training (months or weeks)</li> <li>Not all users are able to obtain control</li> <li>Multichannel EEG recordings required for good performance</li> <li>Lower bit rate (20–30 bits/min)</li> </ul>



17

## Aju arvuti liideste tüübid II

Passiivne vs aktiivne aju-arvuti liides

Passiivne aju-arvuti liides – kasutab sellist EEG signaali mis ei ole kasutaja poolt kontrollitult esile kutsutud

Aktiivne aju-arvuti liides – kasutaja kontrollib teatud EEG signaali, et juhtida arvutit

Passiivses aju-arvuti liideses on kasutuses

EEG korrelaadid seoses:

- Emotsionaalse seisundiga
- Kasutaja ülesandega
- Vigade tegemisega seotud potentsiaale
- Vaimse koormusega

18

## Passiivne aju-arvuti liides I

Emotsioonide jt seisundite sageduste mustrid

- Mõnu – väheneb teeta, delta ja eriti beeta
- Tähelepanu – beeta sagedus domineerib, alfa väheneb
- Negatiivne emotsioon – suureneb gamma vasakus frontaalsagaras
- Stress - suureneb teeta, beeta ja alfa; teeta/beeta suhe

See on reaktiivse aju-arvuti liidese näide:

<https://www.engineering.columbia.edu/press-releases/paul-sajda-neurofeedback-improved-performance>

19

## Passiivne aju- arvuti liides II

Kasutaja  
ülesandega  
seotud seisund

EEG abil on võimalik määrata:

- Videomängu tüüpi (mäng vaenlastega või ilma)
- Kas inimene mängib videomängu või puhkab
- Kui raskeks inimene mängu peab või kui frustreritud ta on
- Kui kiiresti saavutab inimene mängus hea taseme (alfa sageduse *power* kõrgem) (Mathewson et al (2012))

<https://beckman.illinois.edu/about/news/article/2013/10/15/dda01f96-a17b-4974-8d2f-df3c6efadcbb>

jne

20

## Passiivne aju- arvuti liides III

Vigadega  
seotud  
potentsiaalid

Error-Related  
Potentials  
(*ErRP*)

- “*response ErRP*” – motoorse vea indikaator nt taipas, et vajutas vale nuppu
- “*feedback ErRP*” – andis vale vastuse stiimulile
- “*observation ErRP*” – nägi vale vastuse andmist
- “*interaction ErRP*” – märkas, et app ei teinud õiget ülesannet nt kasutatakse P300 spelleriga tehtud vea leidmiseks

21

## Passiivne aju- arvuti liides IV

Vaimse koormuse  
jälgimine

ERPe ja EEG sagedusi kasutatakse:

- Alarmeerimiseks
- Töö efektiivsuse tõstmiseks ja vigade vähendamiseks
- Uute toodete kasutuskogemuse hindamiseks

22

## Aktiivne aju- arvuti liides

- inimene muudab/kontrollib teatud enda EEG signaali ja selle abil kontrollib ka arvutit

Ping-pongi mängimine

<https://www.youtube.com/watch?v=suKTLrzaU9g&t=64s>

23

## Artefaktid

- **Vahelduvvoolu sagedus** -*Shilding* (kaablite isolatsioon), *Common-mode rejection ratio (CMRR) of the amplifier* (50/60 Hz)
- **Elektroodide ja juhtmete probleemid** - elektroodid ei ole hästi nahaga kontaktis (kõrge takistus), juhtmete liigutamine, vale elektroodide (eriti maanduse) paigutus
- **Müra liigutustest jt füsioloogilistest muutustest** (silnaliigutused, teiste lihaste liigutamine, südameaktiivsus, sügav hingamine, higistamine)
- **Stress** sellest, et peab kandma mingit elektroodide võru

<https://www.bitbrain.com/blog/eeg-technical-features>

24

EEG hariduses, Hiina näide :

<https://www.youtube.com/watch?v=JMLsHI8aVog> (5:43)

- Grupiarutelu:

Millised eetilisi probleeme te näete EEG tehnoloogia kasutamisel laiatarbekauba osana?

Meditatsioon, haridus, meelelahutus, neuromarketing, turvasüsteemid, kommunikatsioon

## Viited I

- Aggensteiner, P.-M., Brandeis, D., Millenet, S., Hohmann, S., Ruckes, C., Beuth, S., Albrecht, B., Schmitt, G., Schermuly, S., Wörz, S., Gevensleben, H., Freitag, C. M., Banaschewski, T., Rothenberger, A., Strehl, U., & Holtmann, M. (2019). Slow cortical potentials neurofeedback in children with ADHD: comorbidity, self-regulation and clinical outcomes 6 months after treatment in a multicenter randomized controlled trial. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 28(8), 1087–1095. <https://doi.org/10.1007/s00787-018-01271-8>
- Bajwa, G., & Dantu, R. (2016). Neurokey: Towards a new paradigm of cancelable biometrics-based key generation using electroencephalograms. *Computers and Security*, 62, 95–113. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2016.06.001>
- Fernando Nicolas-Alonso, L., & Gomez-Gil, J. (2012). Brain Computer Interfaces, a Review. *Sensors*, 12, 1211–1279. <https://doi.org/10.3390/s120201211>

## Viited II

27

- Ferrari, L. M., Ismailov, U., Badier, J. M., Greco, F., & Ismailova, E. (2020). Conducting polymer tattoo electrodes in clinical electro- and magneto-encephalography. *Npj Flexible Electronics*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41528-020-0067-z>
- Hsu, W. Y. (2017). A wireless brainwave-driven system for daily-life analyses and applications. *Telematics and Informatics*, 34(8), 1793–1801. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.09.001>
- Mathewson, K. E., Basak, C., Maclin, E. L., Low, K. A., Boot, W. R., Kramer, A. F., Fabiani, M., & Gratton, G. (2012). Different slopes for different folks: Alpha and delta EEG power predict subsequent video game learning rate and improvements in cognitive control tasks. *Psychophysiology*, 49(12), 1558–1570. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01474.x>
- Rabbi, A. F., Ivanca, K., Putnam, A. V., Musa, A., Thaden, C. B., & Fazel-Rezai, R. (2009). Human performance evaluation based on EEG signal analysis: A prospective review. *Proceedings of the 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society: Engineering the Future of Biomedicine, EMBC 2009*, 1879–1882. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2009.5333877>

## Viited III

28

- Solnais, C., Andreu-Perez, J., Sánchez-Fernández, J., & Andréu-Abela, J. (2013). The contribution of neuroscience to consumer research: A conceptual framework and empirical review. *Journal of Economic Psychology*, 36, 68–81. <https://doi.org/10.1016/j.joep.2013.02.011>
- Strehl, U., Leins, U., Goth, G., Klinger, C., Hinterberger, T., & Birbaumer, N. (2006). Self-regulation of slow cortical potentials: A new treatment for children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatrics*, 118(5), e1530–e1540. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-2478>