

Šolski center Celje,  
Srednja šola za kemijo, elektrotehniko in računalništvo



# Možganski računalniški vmesnik

Računalništvo

Avtor: Aljaž Vreš, Filip Seničar

Mentor: mag. Boštjan Resinovič

4. letnik

Mestna občina Celje,  
Mladi za Celje, 2021/22

## Povzetek

V tej raziskovalni nalogi sva predstavila možganski računalniški vmesnik. Najprej sva na kratko navedla nekaj podatkov o prvi ideji združenja računalništva z možgani in zgodovini izdelovanja ter prvi zasnovani ideji teh naprav. Potem je opisanih nekaj raziskav o možganskem računalniškem vmesniku v povezavi z živalmi in ljudeh. Opisano je tudi, kako človek komunicira z možganskem računalniškem vmesniku in kako lahko vpliva na človeške sposobnosti kot so vid, sluh, gibanje in druge funkcije, ki jih človek opravlja vsak dan. V nadaljevanju je opis nevroigričarstva, etnično mnenje in prihodnost vmesnika. Sledi podroben opis praktičnega dela. Za konec je navedena še uporaba in primerjava dveh vmesnikov znamke Emotiv.

Ključne besede: računalniški vmesnik, možgani, računalništvo, možganski vmesnik, možganski računalniški vmesnik, Emotiv, Emotiv Epoc X, Emotiv Insight 2, EEG, elektroencefalografija, elektrode, Neuralink, Elon Musk

## Vsebina

Povzetek .....	2
Uvod .....	7
1.1 Cilji .....	7
1.2 Hipoteze.....	8
1.3 Raziskovalne metode.....	8
2. Zgodovina možganskega računalniškega vmesnika .....	9
3. Raziskave BCI na živalih .....	11
5. Raziskave BCI na ljudeh .....	14
4.1 Invazivni BCI.....	14
4.1.1 Vid .....	15
4.1.2 Nevroprotetika.....	16
4.1.3 Komunikacija .....	17
4.2 Delno invazivni BCI .....	18
4.2.1 Endovaskularni delno invazivni BCI.....	18
4.3 Neinvazivni BCI .....	19
5. Neuroigričarstvo.....	20
6. Etično mnenje.....	21
6.1 Težave z uporabnikom.....	21
6.2 Pravne in socialne težave .....	21
7. Možganski vmesnik v prihodnosti .....	22
7.1 Neuralink.....	23
8. Predstavitev in uporaba vmesnikov znamke Emotiv .....	24
8.1 EmotivBCI.....	25
8.2 Povezovanje vmesnika Emotiv Epoc X z EmotivBCI.....	32
9. Emotiv Epoc X.....	38
9.1 Opis kompleta Emotiv Epoc X.....	39
9.2 Delovanje vmesnika Emotiv Epoc X.....	48
10. Emotiv Insight 2 .....	51
11. Primerjava vmesnikov Emotiv Epoc X in Emotiv Insight 2 .....	55
12. Praktični del – Prilagoditev video igre Minecraft za možganski vmesnik .....	56
12.1 Pridobivanje API-ja .....	56
12.2 Ustvarjanje strežnika za igro.....	58

12.3 Ustvarjanje kode vmesnika za Minecraft in BCI .....	60
13. Anketa .....	66
14. Analiza hipotez .....	70
15. Zaključek.....	71
16. Viri in literatura .....	72

## Kazalo slik

Slika 1: Vmesnik možgani-računalnik .....	7
Slika 2: Hans Berger .....	9
Slika 3: Prihodnost možganskega računalniškega vmesnika.....	10
Slika 4: Vid mačke s pomočjo vmesnika možgani-računalnik .....	11
Slika 5: Opičje upravljanje z vmesniku možgani-računalnik.....	12
Slika 6: Opičje upravljanje z robotsko roko s pomočjo vmesnika možgani-računalnik .....	13
Slika 7: Elon Muskov Neuralink .....	13
Slika 8: Invazivni BCI .....	14
Slika 9: Predstavitev Dobellovega izuma.....	15
Slika 10: Delovanje nevroproestetike .....	16
Slika 11: Komunikacija možgani-računalnik .....	17
Slika 12: Sporazumevanje z BCI preko razmišljanja o oblikah črk.....	17
Slika 13: Možganski vmesnik Stentrode .....	18
Slika 14: Neinvazivni BCI.....	19
Slika 15: Prikaz namestitve ne invazivnega BCI.....	19
Slika 16: Nevroigričarstvo .....	20
Slika 17: Nadzor misli s pomočjo BCI.....	21
Slika 18: Neuralink.....	23
Slika 19: Emotiv .....	24
Slika 20: Emotiv Launcher .....	25
Slika 21: Emotiv aplikacije .....	26
Slika 22: Emotiv spletna stran .....	26
Slika 23: Gumb Login na Emotiv spletni strani .....	27
Slika 24: Prijavno pojavno okno Emotiv .....	27
Slika 25: Pojavno okno za registracijo v EmotivID.....	28
Slika 26: Emotiv prijava .....	28
Slika 27: Emotiv račun .....	29
Slika 28: Prenos Emotiv aplikacij .....	29
Slika 29: Prenos Emotiv Launcherja .....	30
Slika 30: Nameščen Emotiv Launcher .....	30
Slika 31: Dodajanje, brisanje in posodabljanje Emotiv aplikacij .....	30
Slika 32: Pojavno okno za upravljanje z aplikacijami .....	31
Slika 33: Povezovanje vmesnika z računalnikom .....	32
Slika 34: Pozicija vmesnika na zadnji strani glave .....	33
Slika 35: Zaznavanje EEG .....	33
Slika 36: Pozicija vmesnika na vrhu glave.....	34
Slika 37: Zaznavanje možganskih signalov .....	34
Slika 38: Zaznavanje EEG signalov .....	35
Slika 39: Prikaz kakovosti EEG zaznavanja.....	36
Slika 40: Prikaz nivoja baterije vmesnika .....	36
Slika 41: Prikaz dodatnih nastavitev za vmesnik .....	37
Slika 42: Prikaz načina povezave (USB Dongle).....	37

Slika 43: Spletna stran Emotiv Epoc X .....	38
Slika 44: Zaščitna torba od znotraj .....	39
Slika 45: Zaščitna torba Emotiv .....	39
Slika 46: Emotiv Epoc X.....	40
Slika 47: Gumb za vklop/izklop vmesnika ter LED lučka .....	41
Slika 48: USB Type C vhod .....	41
Slika 49: Senzorji vmesnika .....	42
Slika 50: Leva stran vmesnika .....	43
Slika 51: Desna stran vmesnika .....	43
Slika 52: USB Dongle slika 2.....	44
Slika 53: USB Dongle slika 1.....	44
Slika 54: Elektrode slika 2 .....	45
Slika 55: Elektrode slika 1 .....	45
Slika 56: Fiziološka raztopina.....	46
Slika 57: Napajalni kabel.....	46
Slika 58: Kartica s serijsko številko .....	47
Slika 59: Zaznavnost in kvaliteta zaznavanja možganskih signalov.....	48
Slika 60: Kvaliteta EEG zaznavanja .....	49
Slika 61: 100-odstotna kvaliteta zaznavanja EEG.....	49
Slika 62: Izklapljanje vmesnika .....	50
Slika 63: Emotiv Insight 2 na uradni Emotiv spletni strani .....	51
Slika 64: Zaščitna torba za Emotiv Insight 2 .....	52
Slika 65: Emotiv Insight 2.....	52
Slika 66: Raztopina za uporabo Emotiv Insight 2 .....	53
Slika 67: Čepki oz. senzorji .....	53
Slika 68: Serijska kartica Emotiv Insight 2 .....	54
Slika 69: Napajalni kabel za Emotiv Insight 2 in univerzalni USB Dongle.....	54
Slika 70: Okno za prijavo na Emotiv .....	56
Slika 71: Postopek registriranja aplikacije na Emotiv.....	57
Slika 72: Server datoteke v mapi.....	58
Slika 73: Datoteka pogojev uporabe .....	59
Slika 74: Delujoč server .....	59
Slika 75: Tabela sprememb atributov v igri.....	60
Slika 76: Povezava websocketa s programom .....	62
Slika 78: Koda za ukaze v igri.....	63
Slika 77: Koda za spreminjanje atributov v igri .....	63
Slika 79: Povezovanje na strežnik.....	64
Slika 80: Igralčev pogled z vmesnikom na igro.....	65
Slika 81: Graf 1.....	66
Slika 82: Graf 2.....	67
Slika 83: Graf 4.....	67
Slika 84: Graf 3.....	68
Slika 85: Graf 5.....	68
Slika 86: Graf 6.....	69

## Uvod

V najini maturitetni nalogi je bil cilj raziskovati možgansko računalniški vmesnik (Brain Computer Interface), ki s pomočjo posebnih senzorjev zaznava impulze v možganih in lahko na ta način izvajamo preproste ukaze s svojimi mislimi na posebni aplikaciji narejeni posebej za to tehnologijo. Uporabila sva možganski vmesnik Emotiv Epoc X in Emotiv Insight, ju primerjala med sabo in predstavila kako se vsak od njiju pravilno pripravi za uporabo in napisala po en testni program za vsakega od njiju. Razmišljala sva tudi o uporabi te tehnologije v prihodnosti in kaj vse lahko še nastane iz nje.



*Slika 1: Vmesnik možgani-računalnik*

### 1.1 Cilji

Glavni cilj najine naloge je predstaviti možganski vmesnik, še posebej modela; Emotiv Epoc X in Insight, ugotoviti česa vsega sta zmožna in narediti kratek delujoč program, ki bi predstavil njune sposobnosti.

## 1.2 Hipoteze

Hipoteze so nama usmerjale razmišljanje in pot pri raziskovanju, ker so predpostavile cilje, zahteve in tudi morebitne probleme, ter razmišljanje o predstavitvenem programu za oba vmesnika.

Postavljene so bile naslednje hipoteze:

1. Raziskovanje možganskih vmesnikov bo zahtevno saj ta tehnologija spada med novejše.
2. Pisanje programa za možganski vmesnik bo težje saj na spletu še ne obstaja toliko primerov.
3. Zaradi težavnosti branja možganskih impulzov, rezultati morda ne bodo vedno natančni.
4. Večina ljudem je tehnologija kot so možganski vmesniki tuja in nepoznana.

## 1.3 Raziskovalne metode

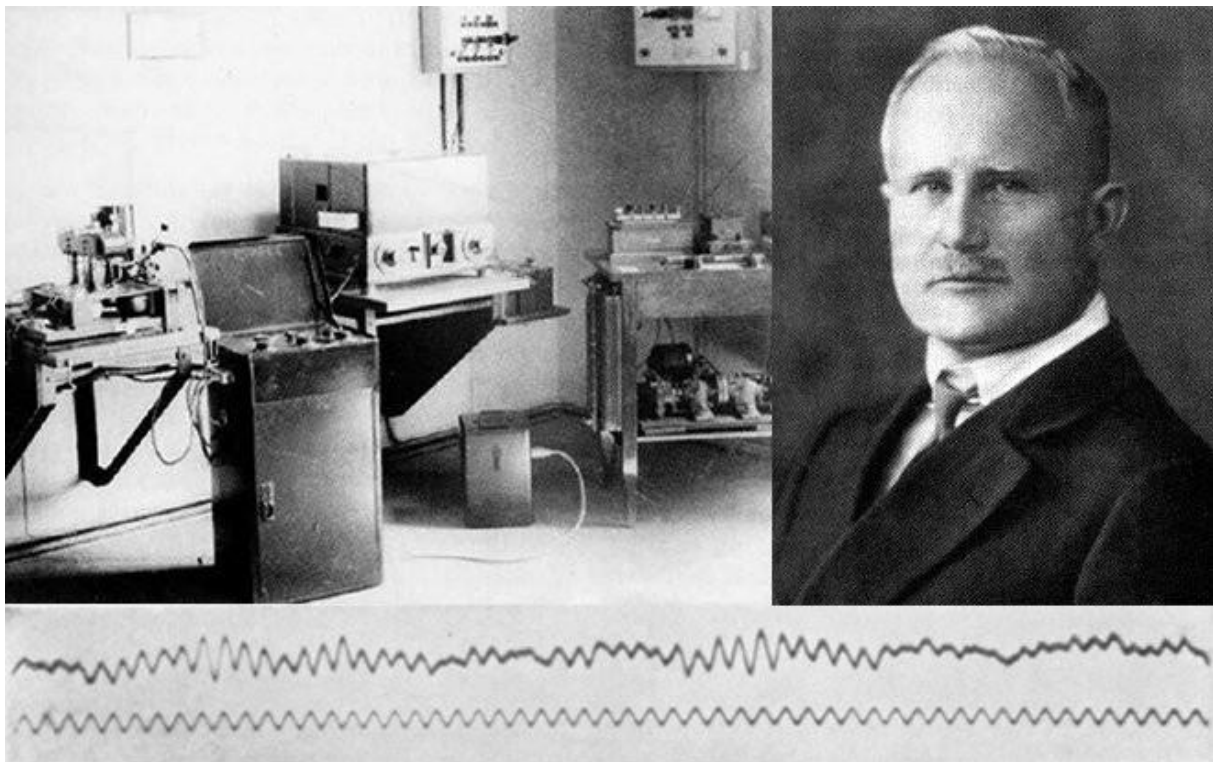
Za raziskovanje sva uporabila več raziskovalnih metod, najbolj pomembno je bilo raziskovanje po internetu, ker literature v fizični obliki ni. Glavni viri so bili spletne strani Emotiva ter njihove dokumentacije in navodila za uporabo možganskih vmesnikov. Ter razne strani, na katerih so bili opisani možganski vmesniki in že nekaj primerov programov na Githubu. Potrebno je bilo natančno pregledati navodila za uporaba vmesnikov in pravilno namestitev ter pravilno povezavo z računalnikom in aplikacijo.



## 2. Zgodovina možganskega računalniškega vmesnika

Raziskave na področju možganskega računalniškega vmesnika so se začele v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. Vse se je začelo na univerzi v Los Angelesu, v Kaliforniji s podporo s strani Nacionalne znanstvene fundacije, kasneje pa s pogodbo z DARPA (Agencija za napredne obrambne analize ZDA).

Še pred tem pa se je zgodovina teh vmesnikov začela že nekje leta 1924, ko je Hans Berger kot prvi posnel električno aktivnost človeških možganov. Prav tako se je z njim začela razvijati EEG tehnologija ali elektroencefalografija. Elektroencefalografija pomeni merjenje možganske električne aktivnosti z elektrodami na površini glave. S pomočjo analize EEG sledi je lahko opazil nihajočo aktivnost v možganih. Po njem se imenuje Bergerjev val ali val s frekvenco med 8 in 13 Hz.



Slika 2: Hans Berger

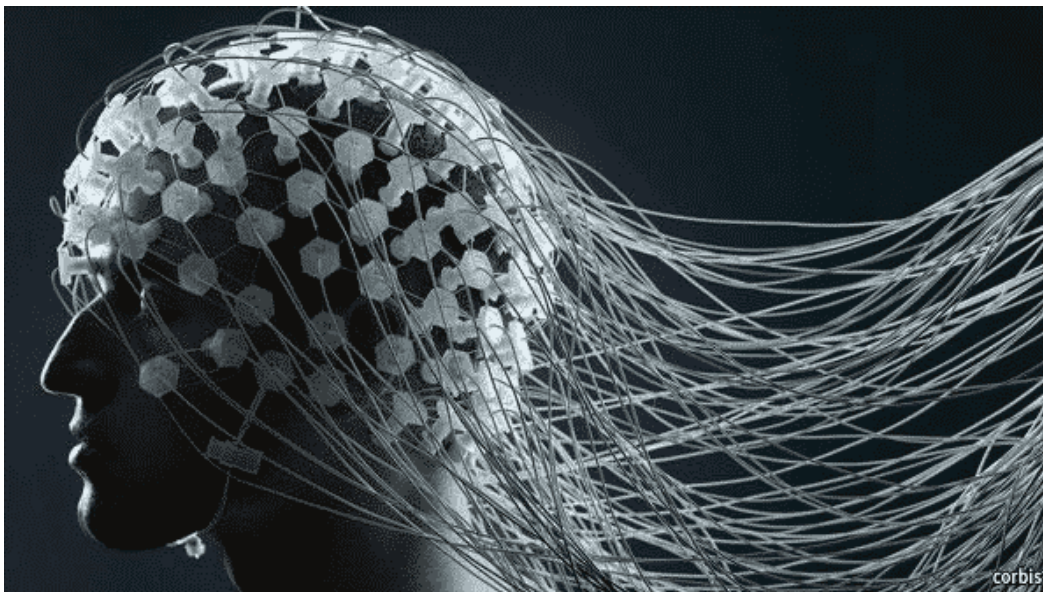
Njegova prva snemalna naprava je bila zelo nepopolna in je imela zelo veliko napak. Najprej je srebrne žičke pritrdil kar pod lasišče njegovih pacientov, kasneje pa je to nadomestil s srebrno folijo, ki je bila pritrdjena z gumijastimi povoji. Sensorje je Berger povezal z Lippmannovim kapilarnim elektrometrom (naprava za merjenje manjših naletov električnega toka, ki jo je izumil Gabriel Lippmann), in z rezultati bil zelo razočaran. Do uspešnih rezultatov je prišlo, ko so za merjenje bile uporabljene naprave kot so Siemensov galvanometer. Te naprave so bile lahko uporabljene za merjenje do več tisoč voltov. Skratka

Berger je prvi analiziral delovanje možganov preko možganske električne aktivnosti in s tem so bile omogočene nadaljnje nove možnosti raziskovanja na področju aktivnosti človeških možganov.

Še preden se je pojem »možganski računalniški vmesnik« pojavil v javnosti pa je ameriški skladatelj prvi ustvaril skladbo s pomočjo možgansko računalniškega vmesnika. Glasba z naslovom Music for Solo Performer je bila prva eksperimentalna glasba, ki je uporabljala elektroencefalografijo ter strojno opremo za obdelavo analognih signalov.

Profesor na Univerzi v Kaliforniji v Los Angelesu, Jacques Vidal, je bil prvi, ki je skoval izraz »možganski računalniški vmesnik« in na to temo pripravil tudi prve publikacije. Pisal je tudi številne članke o uporabi elektroencefalografije v praksi in na več različnih področjih. Leta 1977 pa je opisal prvi poskus uporabe možganskega računalniškega vmesnika. Šlo naj bi za preprost primer in sicer nadzorovanemu premikanju računalniškega kurzorja na računalniškem zaslonu. Kot primer je navedeno premikanje po labirintu.

Od leta 2013 naprej ideje o možganskem računalniškem vmesniku financira DARPA.



*Slika 3: Prihodnost možganskega računalniškega vmesnika*

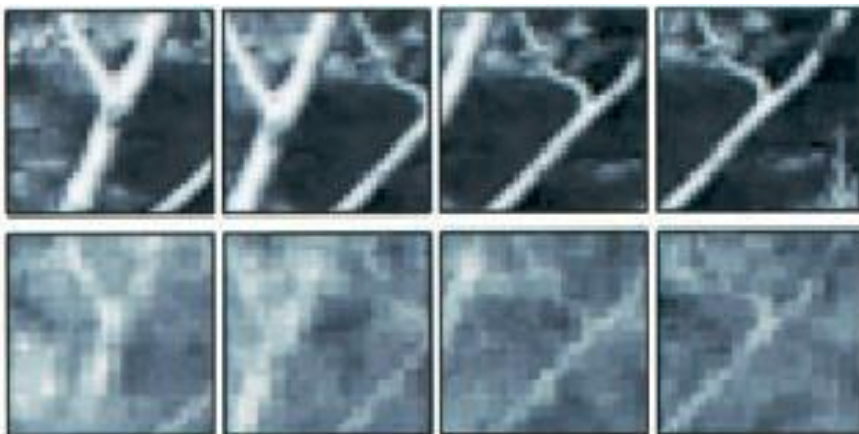
### 3. Raziskave BCI na živalih

Raziskave na živalih v zvezi z možganskim računalniškim vmesnikom so se začele v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. Vsako desetletje, ki je sledilo je beležilo velik napredek na področju raziskav in številnih ugotovitev.

Raziskave možgansko računalniškega vmesnika na živalih so izvedene v številnih laboratorijih s pomočjo snemanja signalov iz možganske skorje ali možganskega plašča živali. Poskusi so bili izvedeni na možganih opic in podgan. S poskusi so najprej želeli doseči, da bi s pomočjo ukazov iz možganov ustvarili premikanje. Opice so z ukazi iz možganov krmarile s kurzorjem po računalniškemu zaslonu, prav tako pa so s pomočjo možganov premikale robotske mehanske roke z razmišljanjem o nalogi. S premikom robotske roke so opice prejele povratne informacije o njihovem razmišljanju. Maja 2008 so bile prvič v številnih znanstvenih revijah in člankih objavljene slike opic, ki s pomočjo možganskih ukazov premikajo roko. Med preizkušenimi živalmi na področju možganskih računalniških vmesnikov so bile tudi ovce.

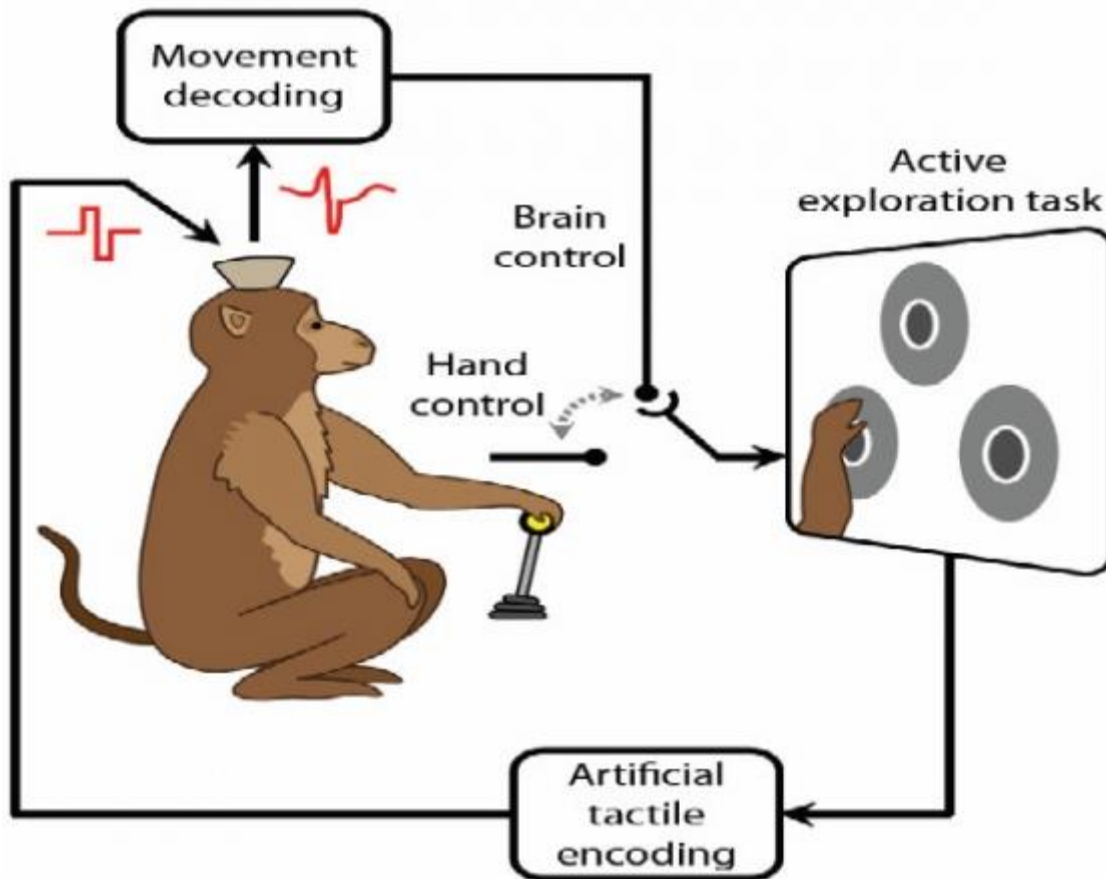
Prvič so leta 1969 študije na Medicinski fakulteti Univerze v Washingtonu v Seatllu pokazale, da se lahko opice naučijo nadzorovati ozaveščanja o številnih fizioloških funkcijah. Ugotovitve so pokazale, da so se opice bolj zavedajoče se vedle, ko so bile za svoje ravnanje nagrajene.

Leta 1999 so na kalifornijski univerzi Berkeley, pod vodstvom Yang Dana s pomočjo testa možgansko računalniškega vmesnika na mačkah reproducirali slike, ki so jih videle mačke. Uporabljene so bile elektrode, ki so jih pritrdili v zelo notranji del možganov, imenovan talamus. Talamus združuje vse informacije o senzoričnemu vnosu. Uporabili so mačke z ostrimi očmi. Raziskovalci so ciljali na določene možganske celice v območju talamusa, katere dekodirajo signale iz mrežnice. Mačkam so nato predvajali osem kratkih filmov in hkrati snemali njihove nevrnske sprožitve. Potem so uporabili posebne matematične filtre, s pomočjo katerih so rekonstruirali slike in premikajoče se predmete, ki so jih mačke videle.



Slika 4: Vid mačke s pomočjo vmesnika možgani-računalnik

Do leta 2000 so na Univerzi Duke v Durhamu v Severni Karolini, pod vodstvom Miguela Nicolelisa dekodirali možgansko aktivnost pri vrsti opic nočne opice oziroma poimenovane tudi opice sove. Opice so s robotsko roko segale po hrani. Opica je sedela priključena v stol, z možganskim računalniškim vmesnikom, vmesnik je bil povezan z robotsko roko. Tako je opica na podlagi ukazov z možgani upravljala z robotsko roko.

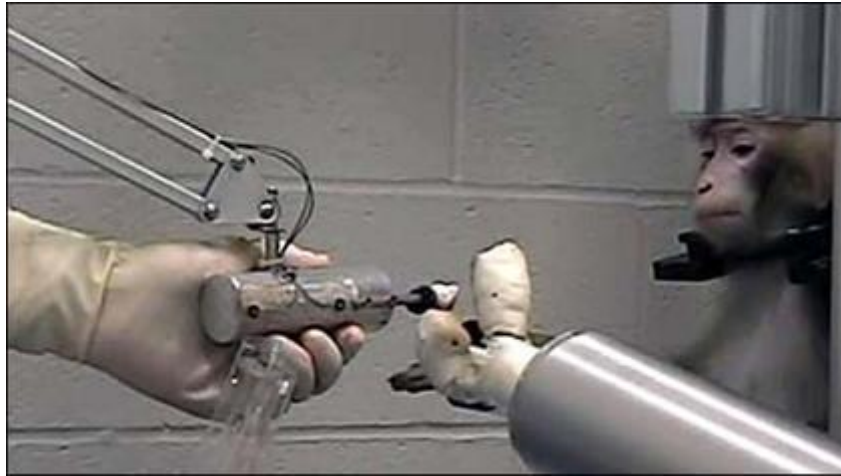


Slika 5: Opiče upravljanje z vmesniku možgani-računalnik

Kasneje so za poskuse uporabili opice rezus, katere imajo razcepljene in bolj razbrazdane možgane in so boljši model za nevrofiziologijo. Nevrofiziologija je znanost, ki se ukvarja s preučevanjem živčnega sistema in njegovemu delovanju. Opice so med upravljanjem imele jasen pogled na robota in so kaj kmalu ugotovile, kako stvar deluje. Tako so se opice naučile upravljati robota z možganskimi ukazi iz neposrednega opazovanja.

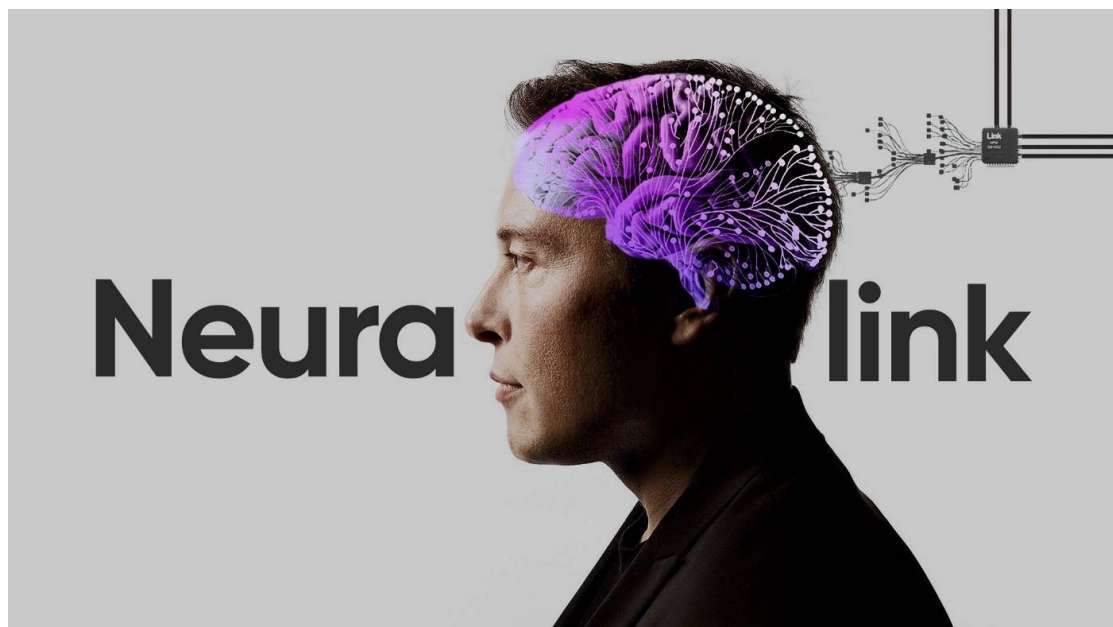


Iz laboratorija Johna Donoghueja na inštitutu Carney pa so poročali o usposabljanju opic rezus z možganskem računalniškem vmesniku. Te so z ali brez pomoči igralne palice usmerjale kurzor po računalniškemu zaslonu. Kasneje so dokazali tudi, da se opice lahko same hranijo s koščki sadja z uporabe robotske roke s pomočjo možganov.



*Slika 6: Opičeje upravljanje z robotsko roko s pomočjo vmesnika možgani-računalnik*

S preučevanjem možgansko računalniškega vmesnika na živalih se ukvarja tudi podjetje Elona Muska imenovano Neuralink. Leta 2020 so uspešno implantirali Neuralink v prašiča. Elon Musk pa je leta 2021 objavil, da je opici omogočil uspešno igranje video iger z uporabo naprave Neuralink.

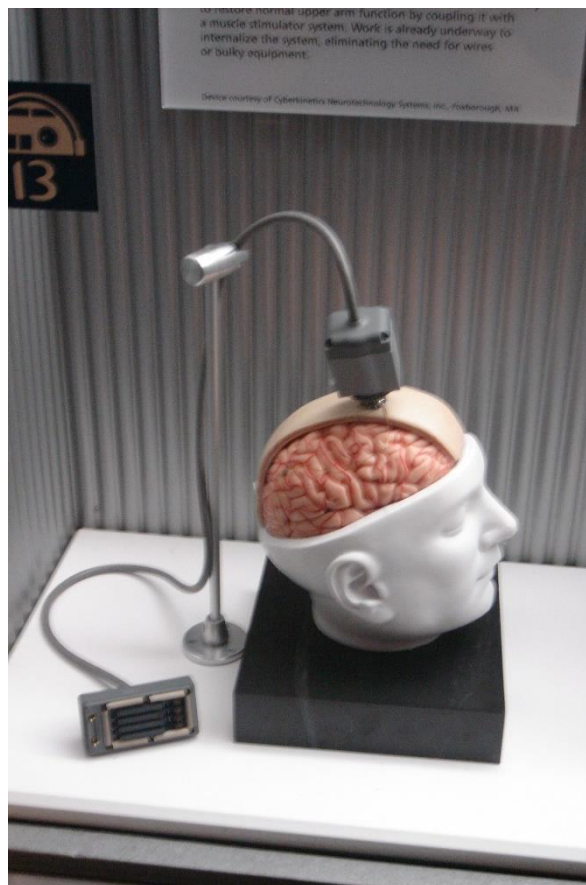


*Slika 7: Elon Muskov Neuralink*

## 4. Raziskave BCI na ljudeh

### 4.1 Invazivni BCI

Invazivni oz. možganski računalniški vmesnik, o katerem je največ govora, za uporabo zahteva operacijo. Posebne elektrode, ki zaznavajo električne valove so implementirane je pod lasišče pacienta. To je zelo nevarno saj je tveganja zelo veliko. Prednost implementacije direktno pod človekovo lasišče je natančnejše branje možganskih signalov. Posledice implementacije lahko za sabo pustijo resne in zelo zahtevne zdravstvene težave. Ena izmed teh je tvorjenje brazgotinskega tkiva in kasneje močna oslabitev možganskih signalov. Po nekaterih raziskavah pa obstaja zelo velika možnost, da telo ne bo pozitivno sprejelo vgrajenih elektrod. S takšnim možganskim računalniškim vmesnikom se zdravijo različne oblike slepote in ostalih bolezni, ki povzročajo ohromelost na različnih področjih.



Slika 8: Invazivni BCI

#### 4.1.1 Vid

Prve raziskave na možganskem računalniškem vmesniku so bile povezane s popravilom poškodovanega vida, sluha in zagotavljanjem ostalih funkcij ljudem s paralizo. Takšni vmesniki se med nevrokirurgijo vsadijo neposredno v sivo snov ali sivino v možganih. Siva snov oz. sivina gradi živčni sistem. Je glavna sestavina pri izgradnji le tega. Sestavljena je iz teles nevronske celice, glijalnih celic, nevpila, sinaps in kapilar. Fizično je sivina zelo sive barve z rumenkastimi ali rožnatimi odtenki. Odtenki barv prihajajo iz kapilarnih krvnih žil in teles nevronske celice. Vmesniki so nameščeni v sivo snov zato, ker od tam prejemajo možganske signale najvišje kakovosti. Vendar pri tem nastajajo brazgotine oz. vlaknasto tkivo. Posledica nastajanja brazgotin so prejeti signali šibkejši, ali pa so lahko celo nezaznavni.

Eden prvih raziskovalcev, ki je skušal razviti možganski računalniški vmesnik za popravo pridobljene slepote in obnovitev vida je bil doktor William H. Dobelle. Prvič je Dobell preizkusil prototip leta 1978 na človeku po imenu »Jerry«, ki je bil slep v odrasli dobi življenja. Možganski računalniški vmesnik je vseboval 68 elektrod in je bil implementiran v njegovo vidno skorjo. Vidna skorja je območje v možganih, ki je namenjeno obdelovanju vizualnih informacij. Uspelo mu je proizvajati fosfene. Fosfen je pojav videnja svetlobe brez zaznavanja svetlobe z očesom. Vmesnik je deloval s pomočjo kamer, vgrajenih na očalih, ki so pošiljale signale implantatu. Jerryju je implementacija vmesnika omogočala, da je videl odtenke sive. Vse skupaj je delovalo pri nekoliko nizki hitrosti sličic. Za pogon vmesnika je bil uporabljen veliki računalnik ali mainframe.

Dobellovi izumi so tudi zaznamovali uporabo možganskih računalniških vmesnikov v komercialne namene. Leta 2002 je začel s poskusi na ljudeh, ki so v zameno za implantacijo prejeli plačilo. Takih pacientov je bilo 16. Ti so že prejeli vmesnike druge generacije, ki so bili boljši in bolj izpopolnjeni. Novi, posodobljeni vsadki, so že omogočali boljše in natančnejšo preslikavo fosfenov v človekov vid.

Ker je William Dobell umrl leta 2004 se vsadki naprej več niso spreminjali, ljudje ki so jih nosili pa so skozi čas in zastarele tehnologije zopet postali slepi.



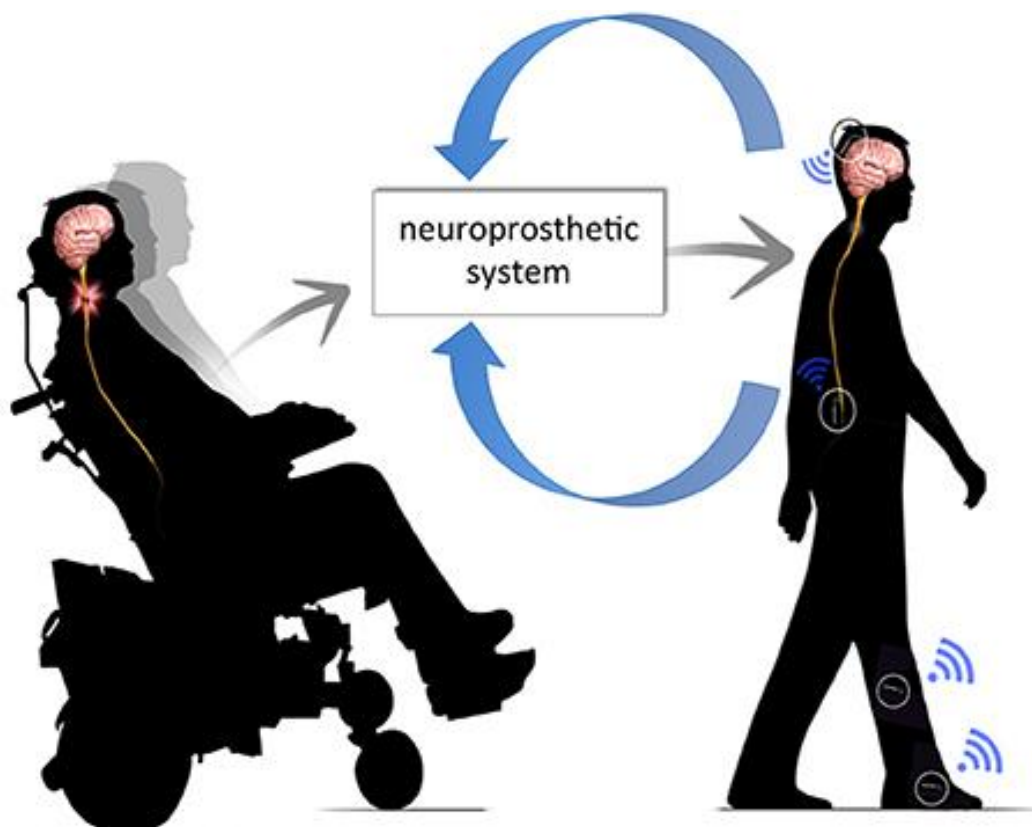
Slika 9: Predstavitev Dobellovega izuma

#### 4.1.2 Nevroprotetika

Nevroprotetika je področje povezano z nevroznanostjo in biomedicinskim inženiringom, ki se ukvarja z razvojem nevroloških protez.

Eden od glavnih ciljev nevroprotetike je omogočiti gibanje pri paraliziranih posameznikih s pomočjo možganskega računalniškega vmesnika in robotskih udov.

Eden najuspešnejših dosežkov nevroprotetike je zagotovo bil leta 2005. Tetraplegiku Matthewu Nagglu so vsadili možganski računalniški vmesnik, ki mu je omogočal, da je lahko z nadzorom možganov upravljal umetno robotsko roko. Vmesnik je bil nameščen v njegov desni precentralni girus. Precentralni girus je območje možganov, kjer se nahaja primarna motorična skorja. V tem delu se nahaja tudi območje motorične skorje za premikanje rok. Nagglu je bil implementiran vmesnik znamke BrainGate v lasti Cyberkinetics. Vseboval je 96 elektrod in Nagglu je omogočal popoln nadzor nad premikanju robotske roke.

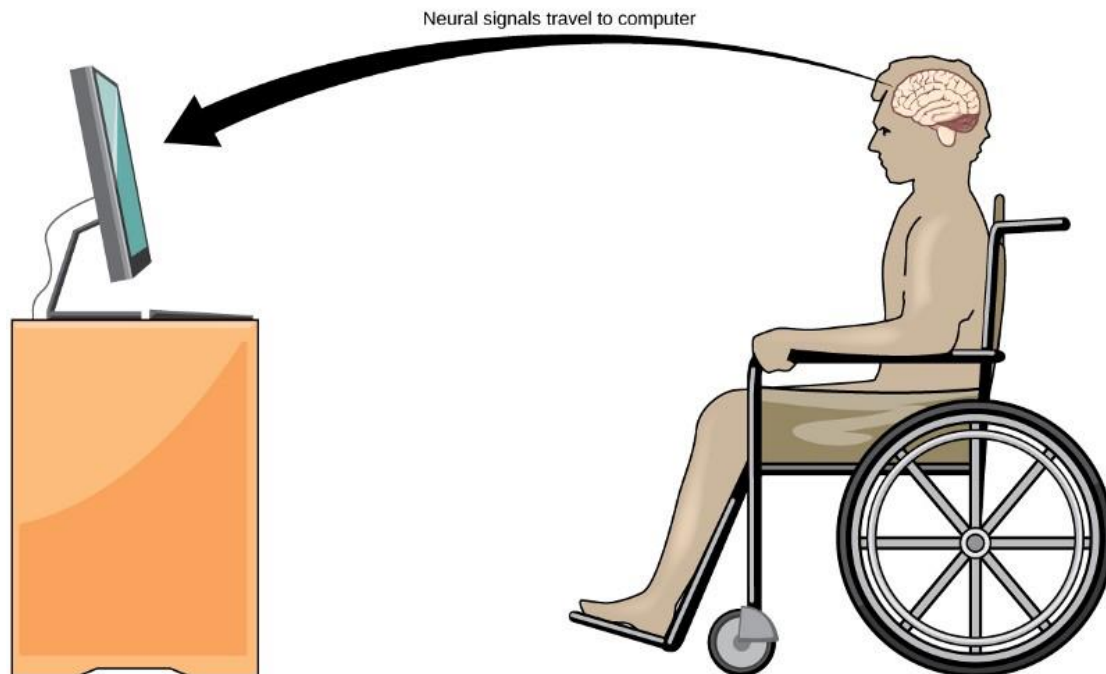


Slika 10: Delovanje nevroprostetike



## 4.1.3 Komunikacija

Omembe vredni dosežki v povezavi z možganskem računalniškim vmesniku so tudi na področju komunikacije oz. sporazumevanja.



Slika 11: Komunikacija možgani-računalnik

Nedolgo nazaj, maja leta 2021, so iz univerze Stanford poročali o uspešnem sporazumevanju človeka preko vmesnika. Udeleženec, ki je bil kvadraplegik (paraliziran od vratu navzdol), je v računalnik uspešno vnesel nekaj angleških stavkov, s približno 90 znaki in 18 besedami na minuto. To mu je uspelo tako, da si je predstavljal kako z rokami riše oblike črk, nato pa je sistem te električne signale zaznal in prepoznal v motorični skorji.



Slika 12: Sporazumevanje z BCI preko razmišljanja o oblikah črk

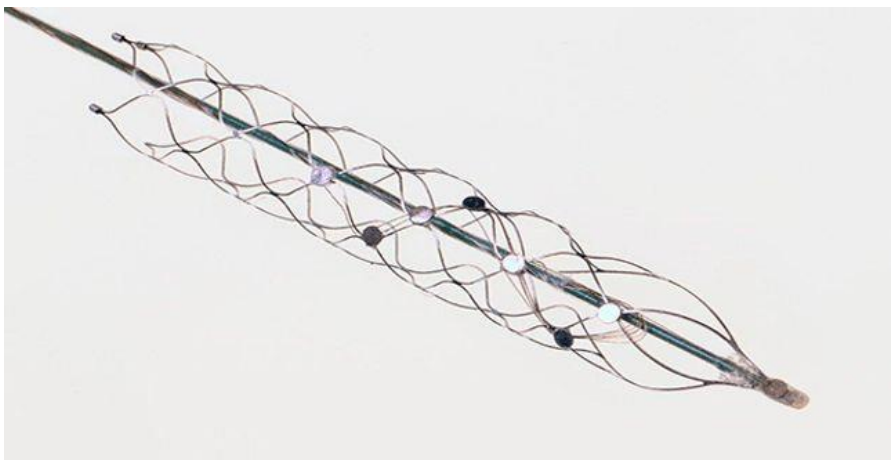
## 4.2 Delno invazivni BCI

Delno invazivni možgansko računalniški vmesniki so še vedno implantirani pod lasišče, v lobanjo. Od invazivnih se delno invazivni vmesniki razlikujejo tudi po tem, da se nahajajo zunaj sive snovi in ne znotraj tako kot invazivni. Proizvajajo signale, ki so nekoliko slabše kvalitete kot signali, ki jih proizvedejo invazivni vmesniki. Seveda pa so zaradi drugačne implantacije neinvazivni vmesniki dosti varnejši od invazivnih. Pri uporabi te vrste vmesnikov je tveganje za brazgotinskim tkivom dosti manjše, prav tako je tveganje za kakršnimi koli resnejšim zdravstvenimi težavami veliko manjše.

### 4.2.1 Endovaskularni delno invazivni BCI

Delno invazivni možganski računalniški vmesnik navdihuje z idejo, da bi možganske vmesnike s katerimi lahko človek nadzoruje vrste tehnologij, vgradili znotraj ožilja. Iz tega tudi ime endovaskularni – znotraj žilni. Ideja se razvija le kratek čas, vendar uspešno napreduje. Največ napredka je bilo ustvarjenega od leta 2010, ko so raziskovalci na Univerzi v Melbournu začeli ustvarjati idejo o možganskem vmesniku, ki bi bil implantiran v ožilje. Vodja projekta je avstralski nevrolog po imenu Thomas Oxley. Imenoval naj bi se Stentrode in bil finančno podprt tudi s strani DARPA. Prvi poskusi vmesnika so bili testirani na ovcah.

Stentrode vsebuje majhen niz elektrod, ki je nameščen v stent (kovinska ali plastična cev). Vmesnik je implantiran direktno v možgansko krvno žilo. Za implantacijo operacija ni potrebna. Zasnovan je bil kot v pomoč ljudem s paraliziranimi ali manjkajočimi udi. Poskusi in testiranja na ljudeh so se začeli leta 2020. Eden izmed uspešnih poskusov je bil na udeležencema, ki trpita za amiotrofično lateralno sklerozo (nevrodegenerativna bolezen, ki povzroči progresivno izgubo motoričnih nevronov, posledica je izguba nadzora nad mišicami). Ta sta s pomočjo endovaskularnega možganskega računalniškega vmesnika brezžično nadzirala operacijski sistem za pošiljanje SMS sporočil, e-pošte, nakupovanja in spletne banke. To je bilo prvič da je bil implantiran možganski računalniški vmesnik v ožilje in za to ni bilo potrebne odprte možganske operacije.



Slika 13: Možganski vmesnik Stentrode

### 4.3 Neinvazivni BCI

Neinvazivni možganski računalniški vmesniki temeljijo predvsem na uporabi EEG. Ta vrsta vmesnikov ima zaenkrat najširšo uporabnost med izbranimi aplikacijami za možganske vmesnike. So zelo enostavni za nošenje in ne zahtevajo operacije. Ker se nosijo nameščeni na glavi kot pokrivalo, je zato kvaliteta zaznanih signalov veliko slabša. Lobjanja duši signale ter razpršuje in zamegljuje elektromagnetne valove, ki jih ustvarjajo nevroni. Takšni vmesniki pred uporabo potrebujejo tudi nekaj znanja in predhodnega usposabljanja.



Slika 15: Prikaz namestitve ne invazivnega BCI



Slika 14: Neinvazivni BCI

## 5. Neuroigričarstvo

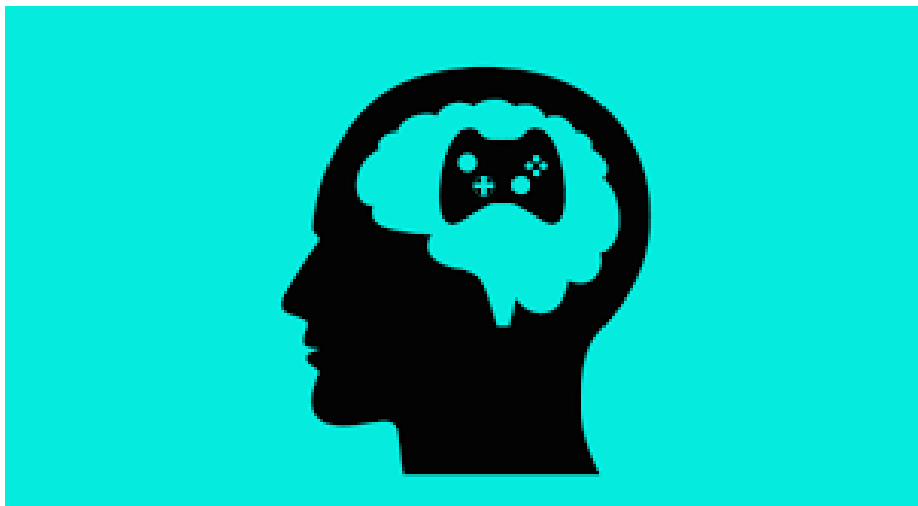
Neuroigričarstvo je nastajajoča oblika igranja iger, ki vključuje uporabo možganskega računalniškega vmesnika, kot je EEG, tako da lahko uporabniki komunicirajo z igro brez potrebe po tradicionalnih krmilnikih. Uporablja se lahko kot nova in privlačna vrsta igranja ali kot način za ustvarjanje prilagodljive tehnologije za izboljšanje dostopnosti pri igranju iger. Nekateri primeri uporabe kažejo kombinacijo tradicionalnih krmilnikov z neposrednimi možganskimi vnosi.

Neuroigričarstvo je možen tudi v načinu za več igralcev. Nekateri primeri uporabe omogočajo igralcem, da vidijo možgansko aktivnost drugih uporabnikov, medtem ko drugi ne vključujejo vizualizacije možganskih podatkov v izkušnjo.

Neuroigričarstvu se lahko uporablja pri zdravljenju možganskih motenj, kot sta PTSD in ADHD. Poleg zdravstvene industrije neuroigričarstvo tehnologije predstavljajo zanimanje za druge različne sektorje, kot so obramba, šport in izobraževanje.

Ena najzgodnejših neuroiger je dirkalna igra NeuroRacer, ki jo je zasnoval Adam Gazzaley za izboljšanje kognitivnega delovanja starejših odraslih. Druge zgodnje neuroigre vključujejo "Throw Trucks With Your Mind" (ki uporabnikom omogoča, da dvignejo in mečejo predmete z mislimi) in NeuroMage, ki uporabnikom omogoča uporabo tehnike "sproščanja uma", da se naučijo novih urokov.

Med možnimi nevarnostmi in pomisleki v zvezi z neuroigričarstvom so etična vprašanja, kot so nadzor uma, vdor v možgane in branje misli.



Slika 16: Neuroigričarstvo

## 6. Etično mnenje

Etični vidiki BCI so bistveni za razvoj prihodnjih implantirani naprav. Končni uporabniki, etiki, raziskovalci, agencije za financiranje, zdravniki, korporacije in vsi drugi, ki so vključeni v uporabo BCI, bi morali upoštevati pričakovane in nepričakovane spremembe, ki jih bodo imele BCI glede človekove avtonomije, identitete, zasebnosti in še več.

### 6.1 Težave z uporabnikom

Dolgoročni učinki na uporabnika ostajajo večinoma neznani sledi problem pridobitev soglasja ljudi, ki imajo težave s komunikacijo. Posledice tehnologije BCI na kakovost življenja bolnikov in njihovih družin ter neželeni učinki, povezani z zdravjem. Terapevtske aplikacije in njihova možna zloraba in varnostna tveganja in nevarnost nekaterih sprememb v možganih.

### 6.2 Pravne in socialne težave

Pojavljale naj bi se spremembe osebnosti, ki jih povzroča globoka možganska stimulacija. Zato obstajajo zaskrbljenost glede tega, kako postati "kiborg" - imeti dele telesa, ki so živi, in dele, ki so mehanski, sledijo razna vprašanja osebnosti kot so: kaj pomeni biti človek? Zbris ločnice med človekom in strojem ter nezmožnost razlikovanja med dejanji, ki jih nadzoruje človek in stroji. Možna je tudi uporaba tehnologije v naprednih tehnikah zasliševanja s strani vladnih organov. Selektivno izboljšanje in družbena stratifikacija. Vprašanja raziskovalne etike, ki se porajajo pri napredovanju od poskusov na živalih do uporabe pri ljudeh. Moralna vprašanja branja misli in zasebnost, sledenje in "sistem označevanja", nadzor misli ter nadzor gibanja in čustev.



Slika 17: Nadzor misli s pomočjo BCI

## 7. Možganski vmesnik v prihodnosti

BCI obsegajo aktivno področje raziskav in bi lahko začeli integrirati napredek s sosednjih področij, kot so nevroznanost, nanomateriali, miniaturizacija elektronike in strojno učenje. Na primer, en raziskovalni projekt slikanja možganskih impulzov začenja ugibati, kaj udeleženci vidijo med skeniranjem možganov, pri čemer naj bi ločili med mačko in osebo. Združitev te vrste funkcionalnosti z BCI bi lahko ustvarila nove aplikacije. Predlagani so bili tudi drugi eksperimentalni projekti BCI. Eden od njih so neokortikalni vmesniki med možgani in oblaki: avtonomni nanoroboti, ki bi se lahko povezali z aksoni in nevronskimi sinaptičnimi razpokami ali se vgradili v lobanjo. Drugi projekt, Brainets, predvideva povezavo več organskih računalniških enot (možganov) s silicijevimi računalniškimi omrežji. Tretji projekt je Neural Dust, v katerem bi na tisoče prosto plavajočih senzorskih vozlišč velikosti 10-100 mikronov bivalo v možganih in bi zagotovilo računalniško procesno omrežje.

Doslej so bili BCI zasnovani predvsem kot rešitev za medicinske patologije. Vendar pa je mogoče BCI videti bolj obsežno kot platformo za kognitivno izboljšanje in sodelovanje človek-stroj. Funkcionalnost BCI tipkanja po tipkovnici z umom nakazuje možnost, da imate vedno vklopljeno povezavo možganov z internetom. Tako kot so mobilni telefoni povezali posamezne ljudi s komunikacijskimi omrežji, bi lahko BCI-ji podobno povezali posamezne možgane s komunikacijskimi omrežji.

Možne prihodnje uporabe BCI, se nanašajo tudi predvsem na posameznike; vendar bi se tehnologije BCI lahko podobno mobilizirale v druge razrede aplikacij za podporo skupinskim dejavnostim. Ena najmočnejših aplikacij za skupine BCI bi lahko bila Cloudmind ali Crowdmind. Na splošno bi bil um v oblaku, kot nakazuje izraz, um v internetnem oblaku. To bi bila nekakšna sposobnost obdelave ali razmišljanja (torej "um"), ki je virtualna, ki se nahaja v internetnih zbirkah podatkov, ne da bi imela določeno telo ali drugo fizično telesnost. Množični um lahko obsega veliko število umov, ki delujejo skupaj.



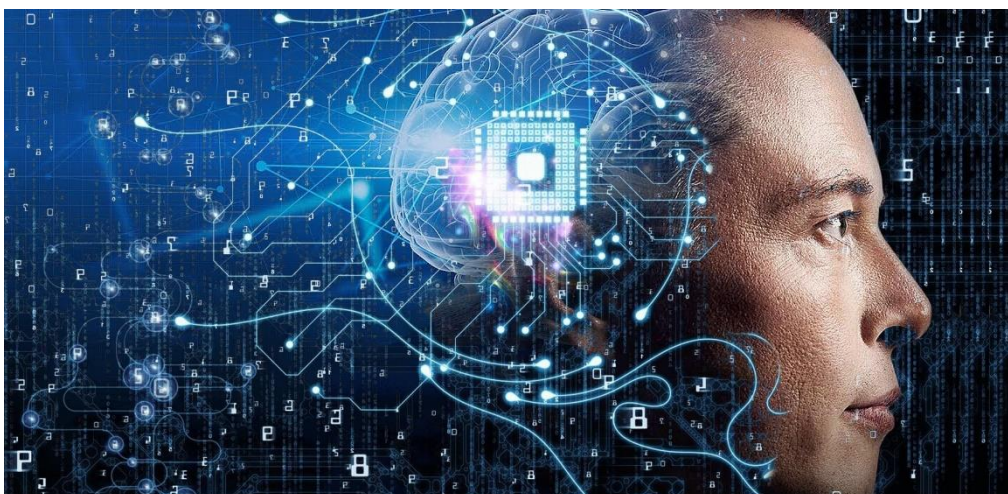
## 7.1 Neuralink

Julija 2019 je imel Elon Musk predstavitev s podrobnostmi o projektu Neuralink; Musk navaja, da ima človeško zaznavanje dva glavna sistema, limbični sistem, kjer se obdelujejo naša čustva in potrebe naenkrat, in nato skorjo, ki vključuje razmišljanje in načrtovanje. Neuralink v svoji končni obliki naj bi bil tretja plast na vrhu te digitalne superinteligentne plasti, ki se bo dopolnjevala z računalniki in sčasoma umetno inteligenco, odvisno od tega, kako nanjo gledate.

To plast že imamo v obliki naših telefonov in prenosnikov, vsi ste že slišali za rek, da imamo vse svetovne informacije na doseg roke in vse to je način, kako se s temi informacijami povezujemo. Prsti in govor so prepočasna in zelo nizko pasovna oblika komunikacije med nami in našimi napravami. Veliko hitrejši način za pridobitev teh informacij bi bil neposreden, kot pri možganskem vmesniku (BCI) in Neuralink je prizadevanje za rešitev te težave. To je bil že ogromen multidisciplinarni napor, ki vključuje znanstvenike, zdravnike, elektroinženirje, kirurge in še več.

Prvotni načrt za nevronske povezave je povezovanje štirih čipov s tisoči elektrod, ki prihajajo iz vsakega čipa. Signali se bodo pošiljali prek Bluetootha na pod napravo za ušesom ki bi jo upravljal telefon.

V prihodnosti bi lahko obstajala celo nekakšna aplikacija, ki jo lahko prenesete in nadzirate s svojimi možgani. Druge možnosti vključujejo novo vrsto komunikacije, kot je telepatija ali prenos spominov nekoga, ki pozna mesto, tako da se tudi vi, ko greste v to mesto, počutite seznanjene z njim. Možnosti je nekako neskončno, toda seveda so to zelo zgodnji dnevi in trenutno skoraj ne razumemo ničesar o možganih. Čeprav je to, na čemer temelji nevronska povezava, že storjeno na medicinskih področjih že desetletja. Tisto, kar predlagajo, je ogromen skok nad vsem tem in do tja bo dolga pot.



Slika 18: Neuralink

## 8. Predstavitev in uporaba vmesnikov znamke Emotiv

Zasebno podjetje Emotiv je bilo ustanovljeno leta 2011 v Avstraliji. Sedež ima v San Franciscu, v Kaliforniji, v Združenih državah Amerike, delujejo pa tudi v Sidneyu, Hanoju in Ho Ši Minhu. Emotiv razvija in proizvaja ne invazivne nosljive možganske računalniške vmesnike, programsko opremo za uporabo vmesnikov ter aplikacije.

Poleg vmesnikov kot so Emotiv Eloc+, Emotiv Eloc Flex, Emotiv Insight 2 in Emotiv Eloc X nam Emotiv omogoča tudi različno programsko opremo, katera nam je v pomoč pri uporabi in komunikaciji vmesnika z računalnikom. Aplikacija se imenuje EmotivBCI, katero se lahko nadgradi v profesionalno verzijo, ki odšteje okrog 30€ na mesec. Obstaja pa tudi Emotiv Launcher, ki je zastoj in nepogrešljiv pri uporabi katerekoli od aplikacij.

Emotiv ponuja tudi projekt, imenovan Emotiv LABS, v katerem lahko sodeluje kdorkoli. Sodelujoči so za to plačani, šlo pa naj bi za raziskave na področju BCI (Brain Computer Interface). Poleg tega ponuja tudi aplikacijo imenovano Brain Viz, ki jo uporabnik lahko uporablja v lastne namene, predvsem kot dodatno izobraževanje na področju BCI. Uporabnik bi zanjo odštél okrog 80€, omogoča pa 3D možgansko vizualizacijo, ki prikaže delovanje možganov označeno z barvami v 3-dimenzionalnem okolju. Če se uporabnik odloči za Brain Viz mu Emotiv omogoča 7-dnevno preizkusno dobo.

Poleg fizičnih vmesnikov in programske opreme pa je na uradni strani Emotiv-a možno kupiti tudi razne dodatke za vmesnike. Cene najrazličnejših dodatkov segajo od 10€ pa vse do 150€.



Slika 19: Emotiv



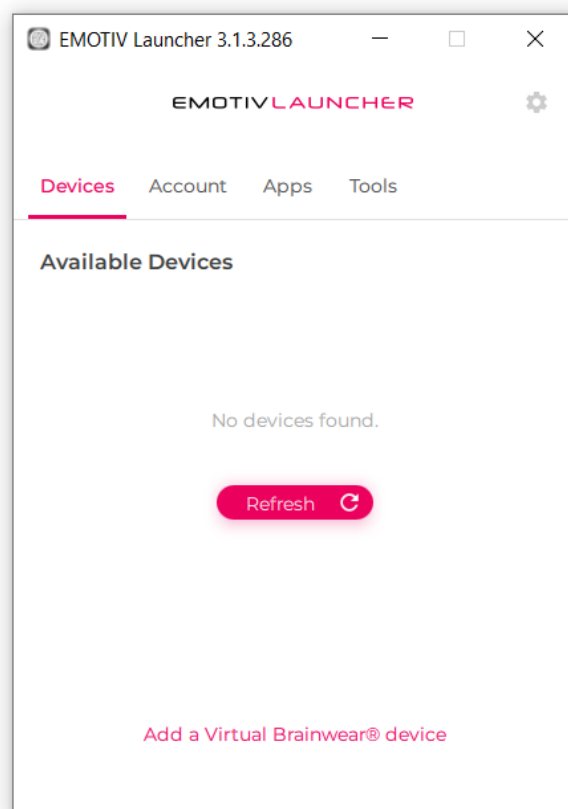
## 8.1 EmotivBCI

Za uporabo možganskih računalniških vmesnikov, ki omogočajo neposredno komunikacijo med možgani in računalnikom pa je nujna tudi potrebna programska oprema, s pomočjo katere računalnik prejema podatke od BCI vmesnika.

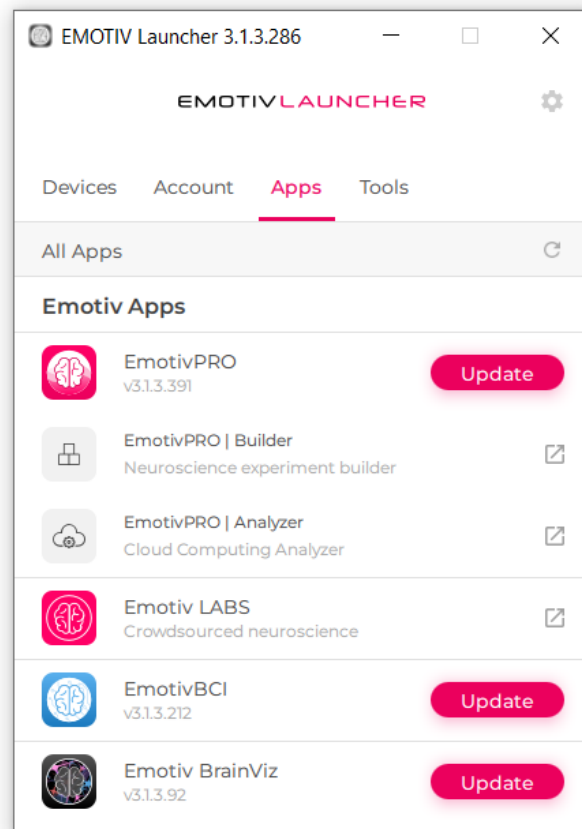
Najprej je potrebno omeniti, kako se aplikacijo namesti na računalnik. Uporaba aplikacije EmotivBCI je kompatibilna z operacijskimi sistemi Windows 10 ali višje ter Mac OS 10.11 ali višje.

EmotivBCI potrebuje za delovanje tudi minimalno 8GB razpoložljivega RAM pomnilnika. Za uporabnike sistema Windows pa je vredno omeniti tudi, da mora sistem izpolnjevati še en pogoj in to je vsebovati procesor Core i5-3xxx ali višje.

Za prenos aplikacij potrebujemo imeti preneseno aplikacijo Emotiv Launcher. Preko te aplikacije lahko potem dostopamo do ostale ponujene programske opreme. Od tam lahko neposredno prenašamo že omenjene ostale aplikacije, jih posodabljam in dodajamo ali brišemo.

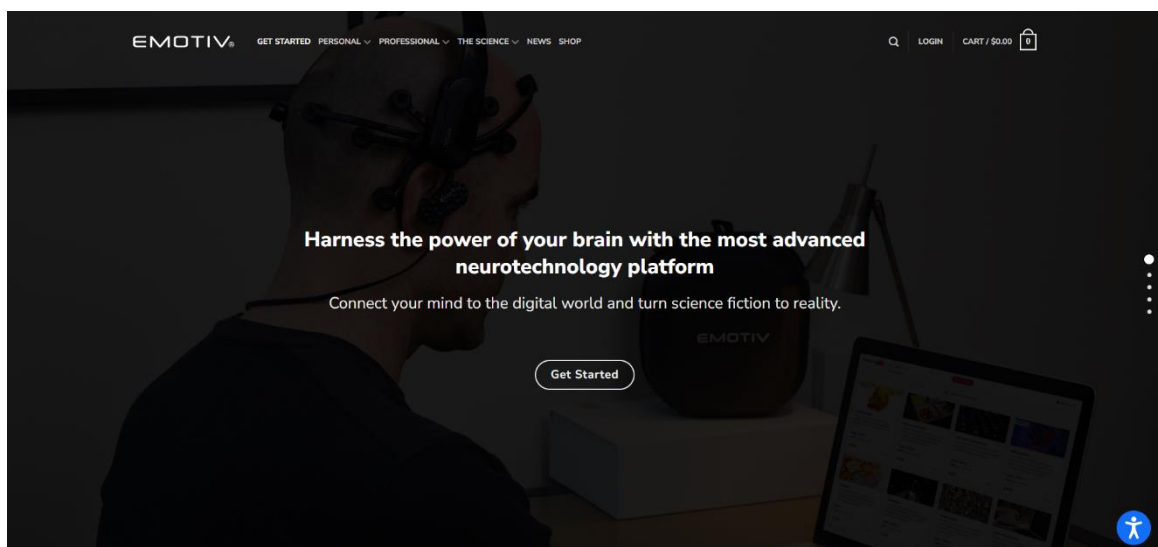


Slika 20: Emotiv Launcher



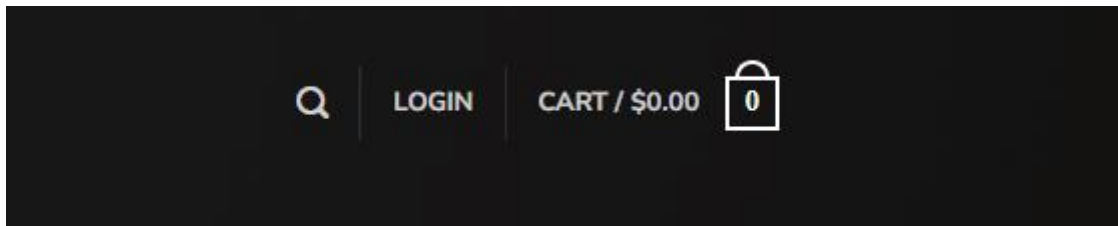
Slika 21: Emotiv aplikacije

Za prenos Emotiv programske opreme moramo najprej obiskati njihovo uradno stran, tako da v brskalnik vtipkamo [emotiv.com](https://emotiv.com). Znajdemo se na spletni strani, kjer lahko kupimo možgansko računalniške vmesnike, prenesemo na računalnik programsko opremo zanje, lahko pa tudi spremljamo sprotne in tekoče novice o Emotiv-u.



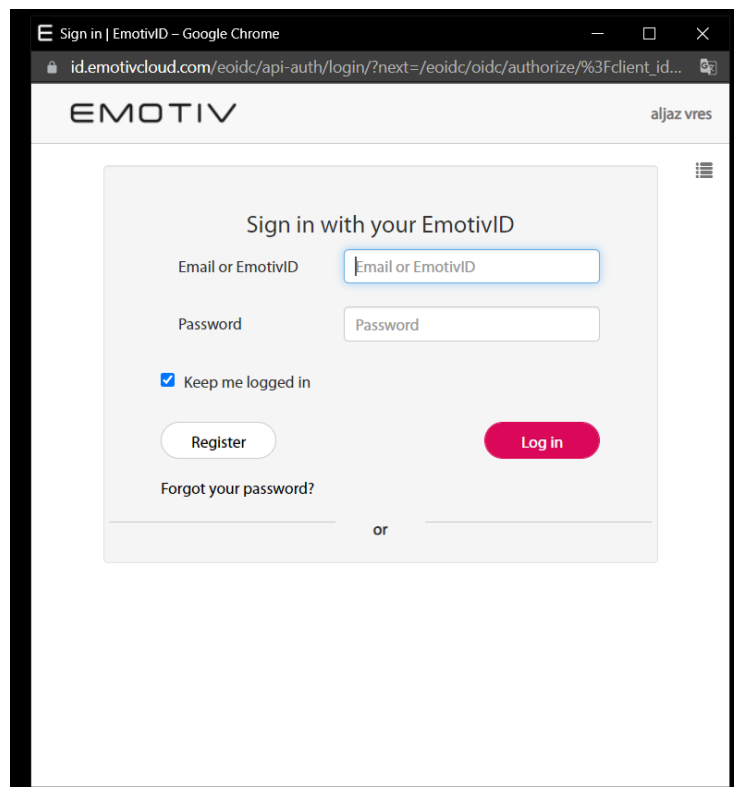
Slika 22: Emotiv spletna stran

Za prijavo pritisnemo gumb zgoraj desno, kjer piše »LOGIN«.



Slika 23: Gumb Login na Emotiv spletni strani

ob pritisku na prijavo se odpre pojavno okno, ki od uporabnika zahteva naslov elektronske pošte ali EmotivID (Emotiv uporabniško ime) in geslo. V primeru da se želimo prijaviti prvič in še nimamo Emotiv računa ga moramo najprej ustvariti. To pomeni, da se najprej registriramo, nato pa prijavimo s podatki, ki smo jih vnesli pri registraciji. To storimo s pritiskom na tipko »Register«.



Slika 24: Prijavno pojavno okno Emotiv

Create Your EmotivID

Fields with (\*) are required.

\* EmotivID

\* Password   
Password must:  
• be at least 8 characters long.  
• contain at least one upper and one lowercase.  
• not equal to username or email.

\* Confirm Your Password

\* Email   
Activation email will be sent to this address.  
We will also grab your Gravatar from this address.

\* First Name


Middle Name

\* Last Name

I have read and accept EMOTIV's Terms of Use.

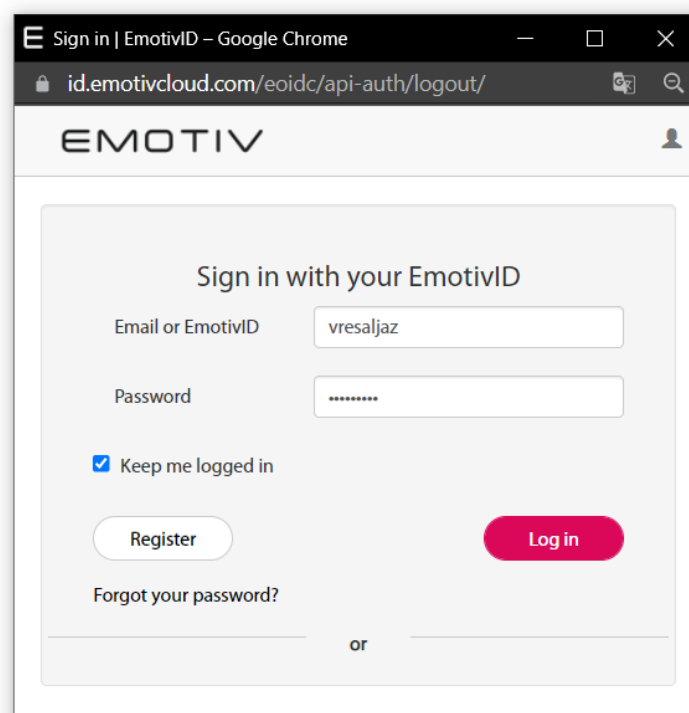
By clicking this box, I acknowledge that I have read EMOTIV's Privacy Policy and I am freely consenting to EMOTIV's processing of my personal data, including my EEG data, subject to this Privacy Policy.

I am at least 16 years old.

I'm not a robot  reCAPTCHA  
Privacy - Terms

Slika 25: Pojavno okno za registracijo v EmotivID

Ko se uspešno registriram, se lahko prijavim v naš račun. Še prej je potrebno stvaritev računa potrditi na elektronski pošti, ki smo jo prej vnesli kot potrebne podatke. Tako potrjujemo, da smo avtentična oseba in ne robot oz. računalnik. Ko vstavimo vse potrebne podatke nam je omogočena prijava v sistem. Ob prijavi vnesemo uporabniško ime ali elektronski naslov in geslo, ki smo ju vnesli pri registraciji.



Sign in | EmotivID – Google Chrome

id.emotivcloud.com/eoidc/api-auth/logout/

EMOTIV

Sign in with your EmotivID

Email or EmotivID

Password

Keep me logged in

Forgot your password?

or

Slika 26: Emotiv prijava

Emotiv nudi tudi pomoč v primeru, da uporabnik pozabi geslo. Če se to zgodi, vnesemo enega izmed podatkov; elektronski naslov ali EmotivID (uporabniško ime) in na elektronsko pošto bomo prejeli link do povezave za ponastavitev gesla.

Ob uspešni prijavi se prikaže naš Emotiv račun. Od tukaj lahko upravljamo z vsemi storitvami, ki nam jih Emotiv ponuja.

FILE NAME	DOWNLOAD LINK
EMOTIV Launcher V3.2.0 - Mac	DOWNLOAD
EMOTIV Launcher V3.2.0 - Windows	DOWNLOAD
EMOTIV Launcher V3.2.0 - Ubuntu (beta)	DOWNLOAD
EMOTIV Launcher V3.2.0 - Raspberry pi (beta)	DOWNLOAD

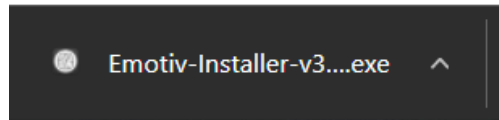
Slika 27: Emotiv račun

Glavni razlog za prijavo v Emotiv je pri večini uporabnikov verjetno omogočen prenos aplikacij, ki nam jih Emotiv ponuja.

EMOTIV Launcher V3.2.0 - Mac	DOWNLOAD
EMOTIV Launcher V3.2.0 - Windows	DOWNLOAD
EMOTIV Launcher V3.2.0 - Ubuntu (beta)	DOWNLOAD
EMOTIV Launcher V3.2.0 - Raspberry pi (beta)	DOWNLOAD

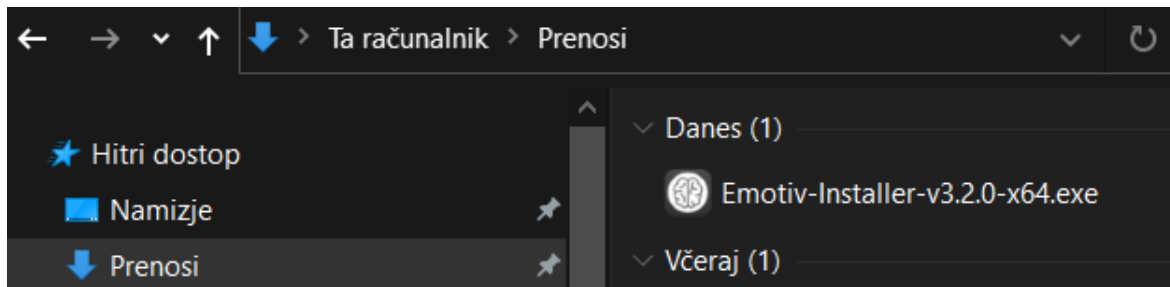
Slika 28: Prenos Emotiv aplikacij

Tukaj imamo na izbiro Emotiv Launcher, ki je ključnega pomena pri prenosu ostalih Emotiv aplikacij. Na izbiro imamo Emotiv Launcher glede na operacijski sistem, ki ga uporabljamo. V primeru da imamo operacijski sistem Windows 10 izberemo Windows in potrdimo s pritiskom na gumb »DOWNLOAD«. Takoj se nam prikaže obvestilo o prenosu in nato počakamo, da se datoteka prenese.



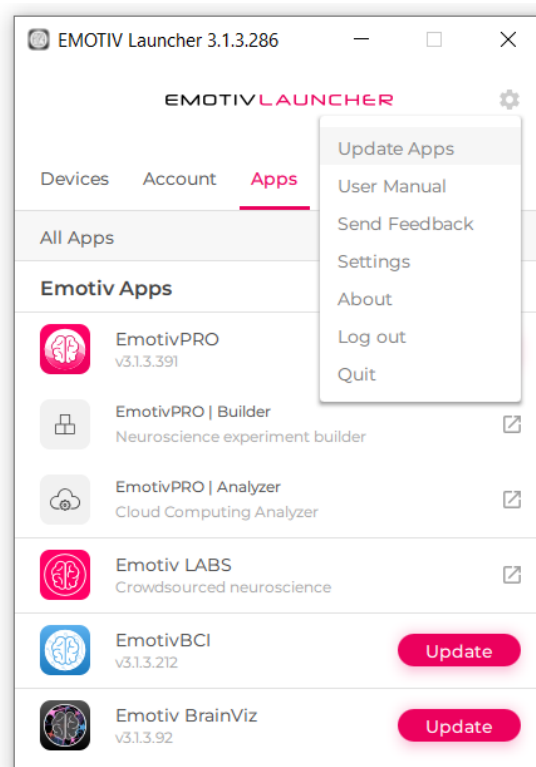
Slika 29: Prenos Emotiv Launcherja

Odpremo sistemskega Raziskovalca in pod prenosi poiščemo nameščeno programsko opremo ali pa pritismo direktno na obvestilo o prenosu, ki se nam prikaže na brskalniku.



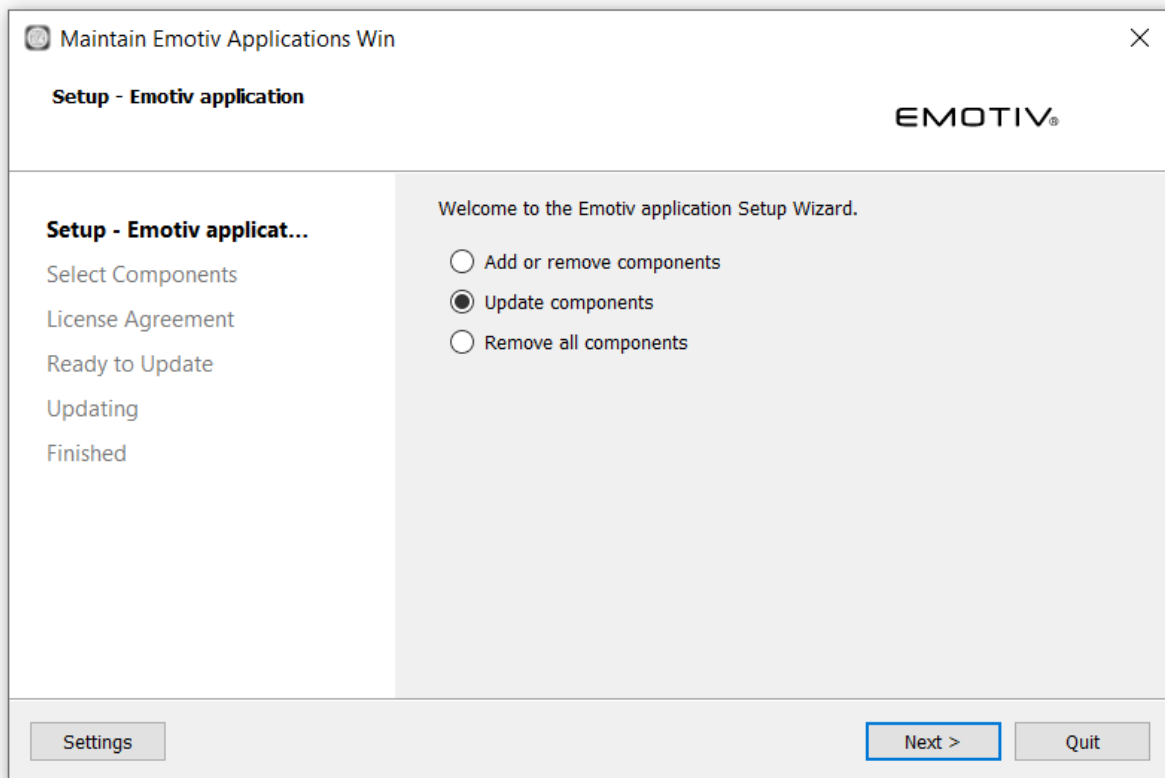
Slika 30: Nameščen Emotiv Launcher

Če želimo aplikacije iz Emotiv Launcherja namestiti, dodati, izbrisati ali pa celo posodobiti, to lahko storimo. Ob pritisku na nastavitve znotraj Emotiv Launcherja izberemo »Update Apps«.



Slika 31: Dodajanje, brisanje in posodabljanje Emotiv aplikacij

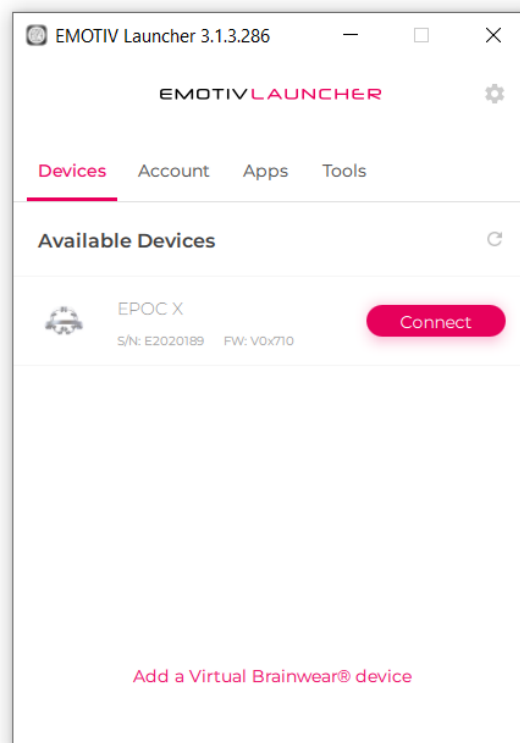
Pojavi se nam novo pojavno okno, v katerem lahko nadziramo vse aplikacije.



Slika 32: Pojavno okno za upravljanje z aplikacijami

## 8.2 Povezovanje vmesnika Emotiv Eloc X z EmotivBCI

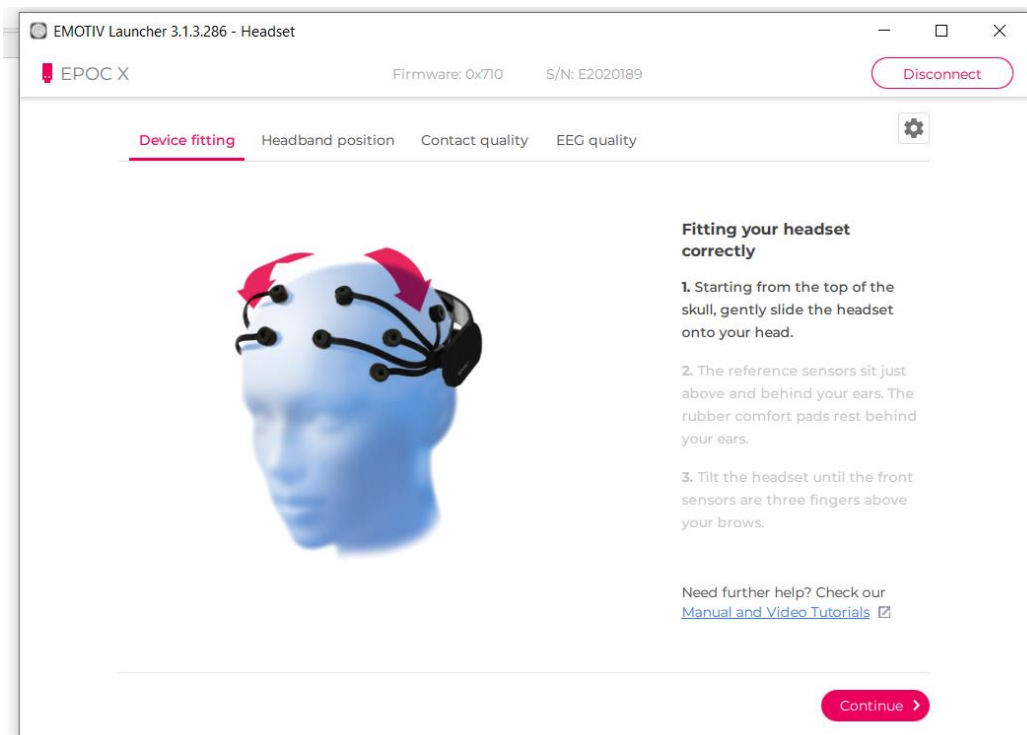
Ko imamo nameščeno potrebno željeno programsko opremo je čas za zagon možgansko računalniškega vmesnika. Vmesnik Emotiv Eloc X najprej vklopimo na desni strani, da se prižge bela LED lučka. Nato se z vmesnikom povežemo preko Bluetooth-a. v računalniku pod nastavitvami in povezanimi napravami poiščemo ime vmesnika in se z njim povežemo. Ker pa ima vmesnik v paketu vključen tudi USB Dongle, preko katerega lahko vmesnik povežemo neposredno z računalnikom, je to najenostavnejši način. USB Dongle vstavimo v računalnik, svetiti mora zelena LED lučka na USB ključku. Sedaj imamo prižgan vmesnik in vstavljen USB Dongle v računalniški sistem. Od tukaj naprej vse upravljamo s pomočjo računalnika in preko Emotiv aplikacije, ki smo jo namestili prej. V aplikaciji pod »Devices« poiščemo naš vmesnik in se z njim povežemo s pritiskom na gumb »Connect«.



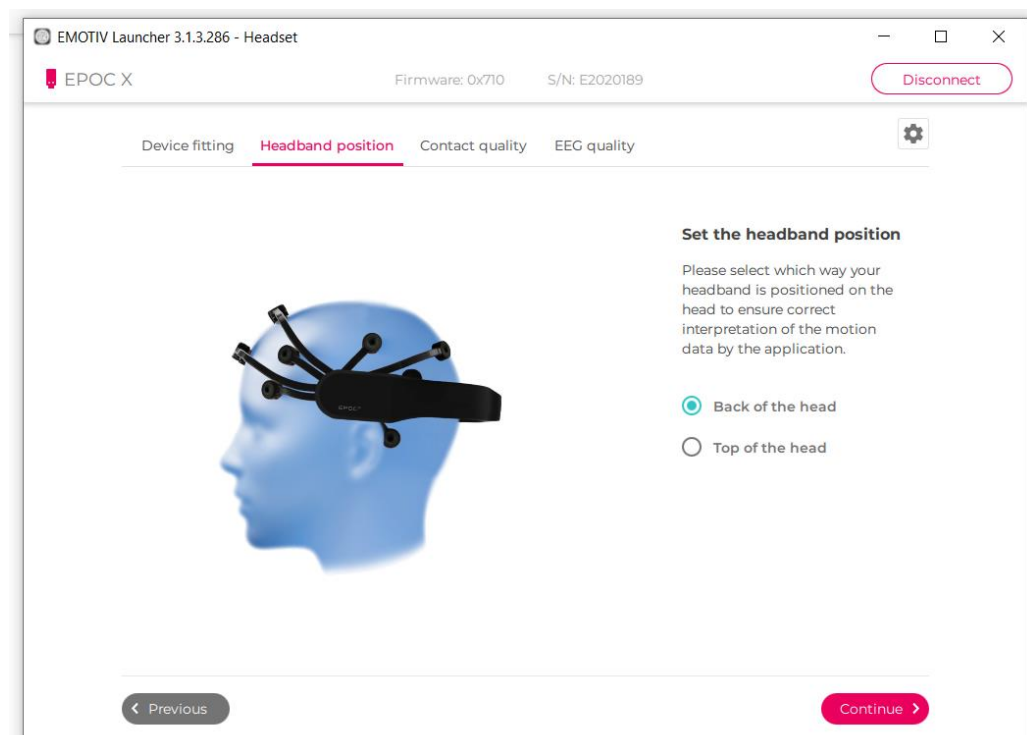
Slika 33: Povezovanje vmesnika z računalnikom



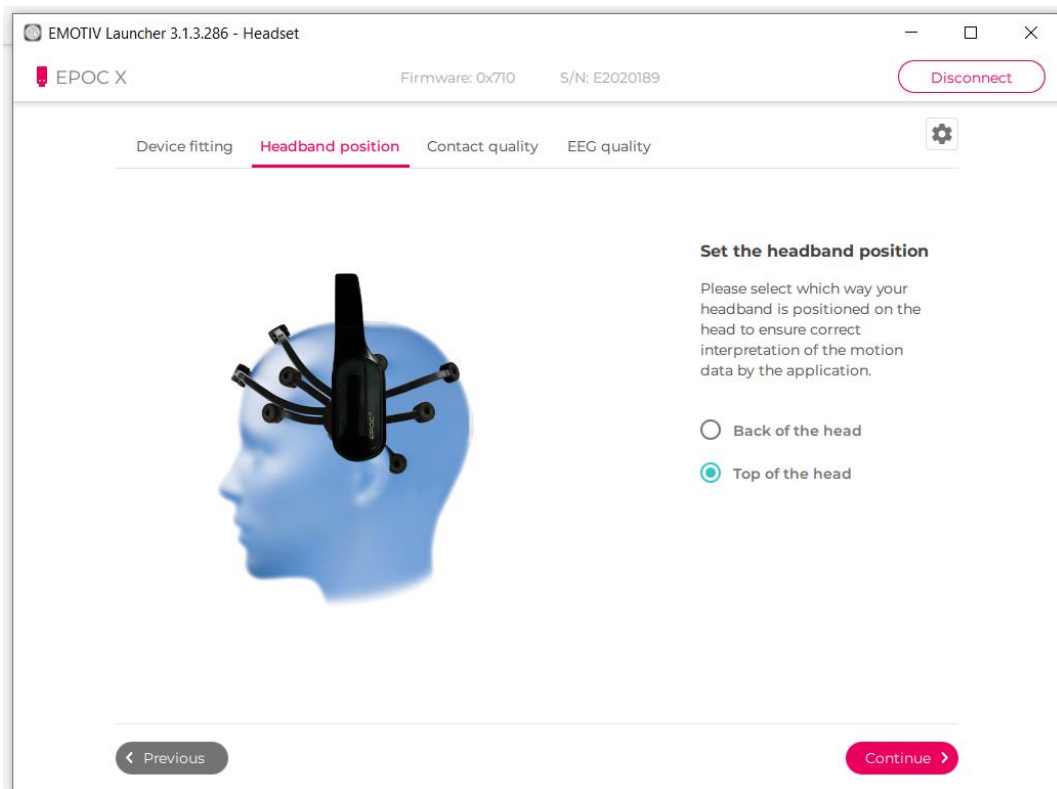
Ob pritisku na »Connect« se povežemo z vmesnikom. Nato se nam odpre novo pojavno okno, v katerem so prikazani podatki za o stanju vmesnika in zaznavanju signalov, ki jih pošiljajo možgani.



Slika 35: Zaznavanje EEG



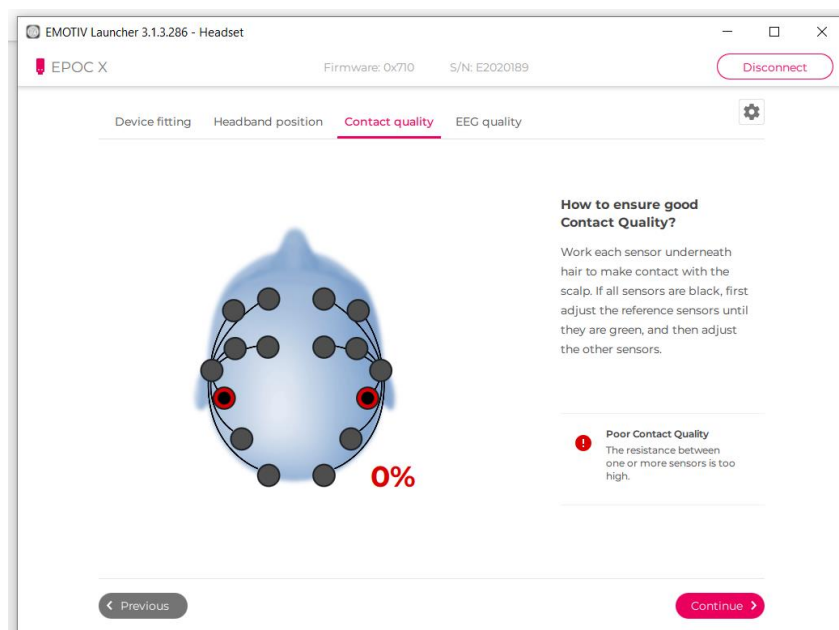
Slika 34: Pozicija vmesnika na zadnji strani glave



Slika 36: Pozicija vmesnika na vrhu glave

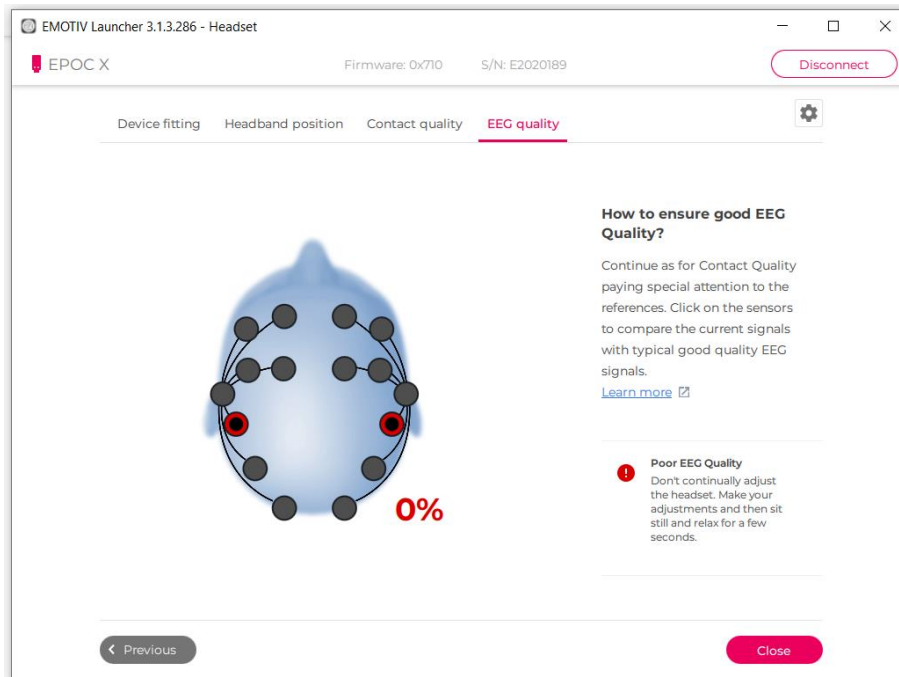
Pomembno je, da izberemo pravo namestitev vmesnika na glavi. Lahko izberemo na vrhu glave ali pa na zadnji strani glave. Namestitev, ki jo izberemo moramo pri uporabi tudi upoštevati. V primeru, da namestitve, ki jo izberemo ne upoštevamo in namestimo vmesnik na glavo v napačni poziciji obstaja možnost, da signali ne bodo jasni in kakovostni.

Nastaviti moramo tudi tipalke vmesnika pravilno, tako da se senzorji dotikajo kože na glavi, za najboljše signale. Preko aplikacije lahko preverimo, kako kakovostno smo pritrdili kateri senzor in če dobro sprejema/zaznava signale.



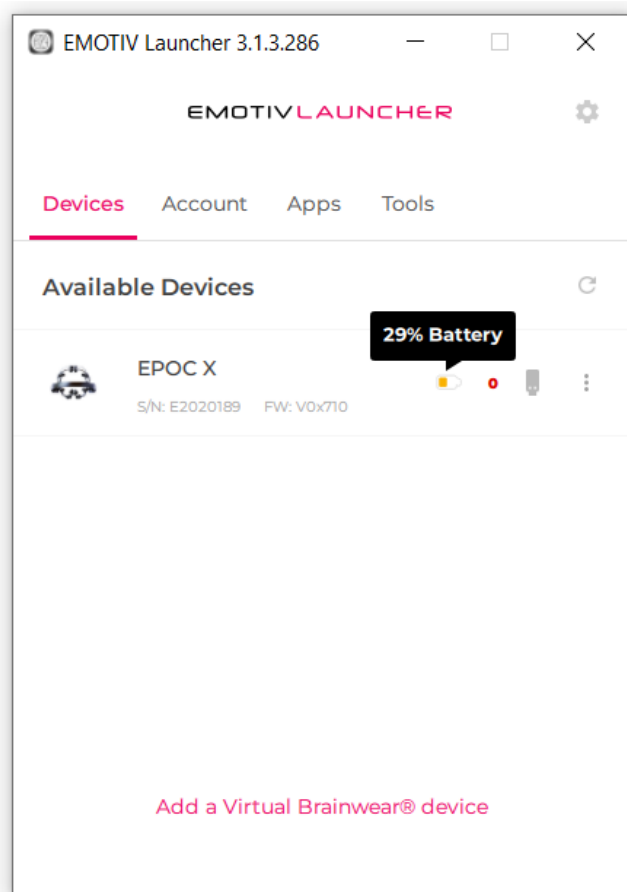
Slika 37: Zaznavanje možganskih signalov

Kot zadnje imamo še možnost vpogleda v zaznavanje EEG. Pri tem je pomembna zelo dobra namestitvev senzorjev, tako da so vsi aktivirani. Za najbolj kvalitetno delovanje vmesnika mora biti zaznavnost vsaj 98%.

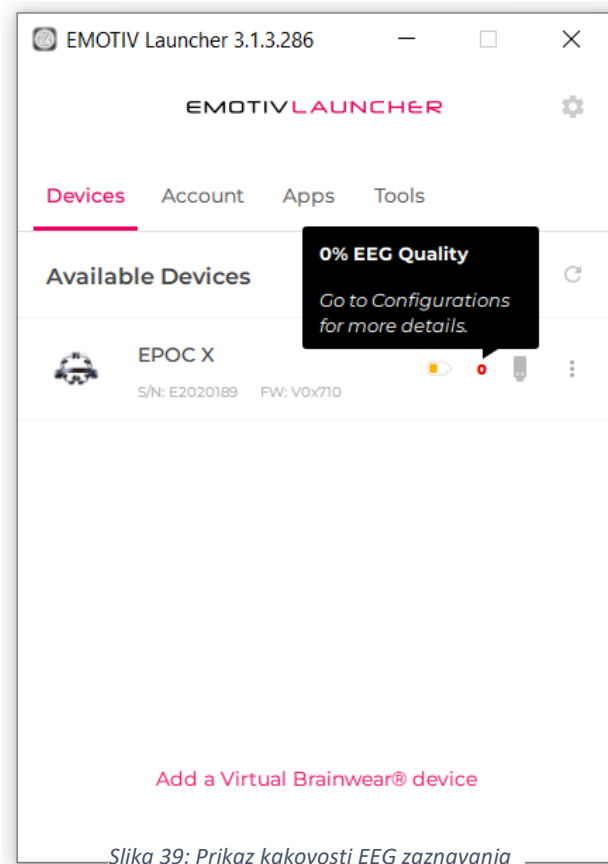


Slika 38: Zaznavanje EEG signalov

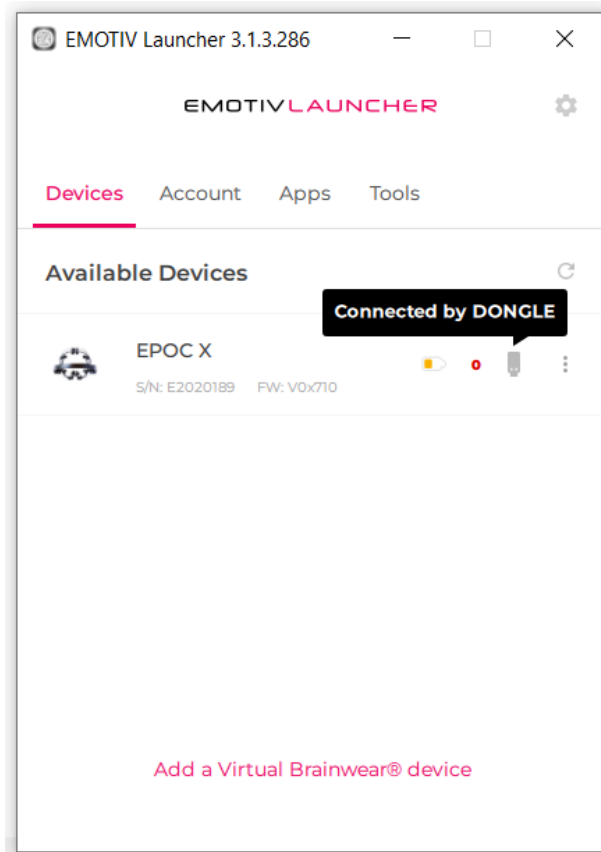
Ko opravimo ta »test« smo nared, da preizkusimo delovanje našega vmesnika. Lahko preizkusimo kakšno izmed Emotiv-ovih aplikacij ali pa kakšno drugo, ki so jo naredili ostali razvijalci in ne Emotiv. V Emotiv Launcher-ju nam bo še vedno prikazan vmesnik skozi celotno uporabo. Tam lahko vidimo nivo baterije vmesnika v odstotkih, kakovost zaznanih EEG signalov, način povezave (USB Dongle ali Bluetooth) ter ostale nastavitve vmesnika. Pod ostale nastavitve vmesnika spadajo preklic povezave, konfiguracija in preimenovanje.



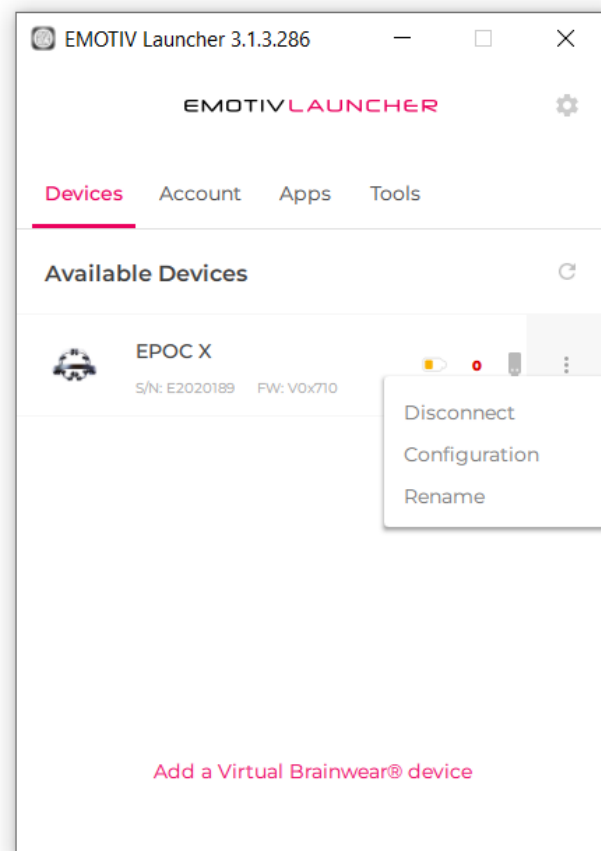
Slika 40: Prikaz nivoja baterije vmesnika



Slika 39: Prikaz kakovosti EEG zaznavanja



Slika 42: Prikaz načina povezave (USB Dongle)



Slika 41: Prikaz dodatnih nastavitev za vmesnik

## 9. Emotiv Eloc X

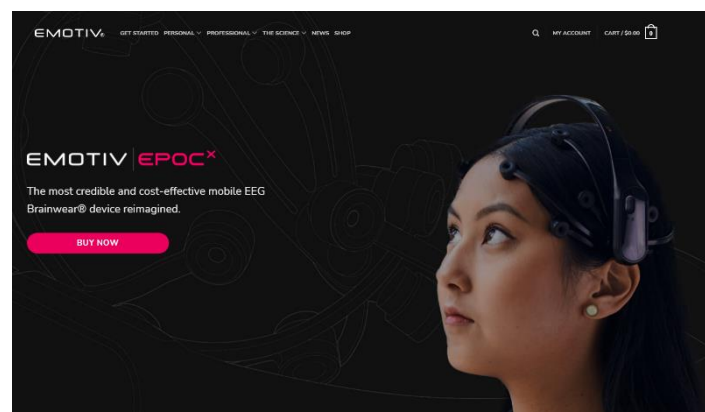
Emotiv Eloc X je eden izmed novejših možgansko računalniških vmesnikov znamke Emotiv. Zanj bi na uradni spletni strani Emotiva odšteli le 849 ameriških dolarjev. To znaša okoli 742 evrov. Emotiv zagotavlja, da je eden izmed najboljših profesionalnih, strokovno uveljavljenih, neinvazivnih vmesnikov. Glede na ugodno ceno in kvaliteto vmesnika pa ga uvrščamo tudi med ene najbolj finančno dostopnih možgansko računalniških vmesnikov.

Emotiv Eloc X je možganski računalniški vmesnik, ki ima 14 kanalov oz. senzorjev za zaznavanje delovanja možganov in zraven še dva senzorja, ki služita kot referenci. Uporablja elektrode, ki temeljijo na uporabi saline ali fiziološke raztopine. Njegovo nosilnost lahko izpopolnimo z naglavnim trakom, ki se vrti in je zelo nastavljiv. Seveda je potrebno nekaj časa trak nastavljati, da nam ni pretesen ali preveč ohlapen. Prav tako ima 9-osni senzor gibanja, ki velja za enega najbolj preciznih senzorjev za zaznavanje gibanja in premikanja.

Vmesnik ima napajalni priključek tipa USB Type C. Ob popolno napolnjeni bateriji vmesniku baterija zdrži do dvanajst ur, odvisno od zahtevnosti uporabe ter načina povezave z računalnikom (z USB Dongle do 12 ur, z Bluetooth pa do 6 ur). Vmesnik se z računalniškim sistemom poveže preko USB ključka USB Dongle. Uporaba USB Dongle je zelo preprosta, saj samo ključek vtaknemo v računalnik na vhod USB in vključimo naš vmesnik. Potem v aplikaciji Emotiv pritisnemo gumb »Connect« in vmesnik je pripravljen na uporabo.

Seveda pa nam povezljivost računalniškega sistema z vmesnikom omogoča tudi brezžični način Bluetooth. Napravo prižgemo, na računalniku pod nastavitvah v Bluetooth napravah poiščemo naš vmesnik in se z njim preprosto povežemo. Način, kako bosta vmesnik in računalnik povezana je odvisen od uporabnika. Ob izgubi USB Dongle pa se lahko seveda najlažje povežemo preko Bluetooth-a. Bluetooth nam omogoča tudi povezavo vmesnika z drugimi mobilnimi napravami.

Vmesnik lahko zazna našo obrazno mimiko ali izraz na obrazu. Torej možne zaznave so; pomežikanje z levim ali desnim očesom, namrščenost obraza, stiskanje obraza in smeh. Pri nasmehu zazna tudi stran smeha, levo ali desno. Vmesnik tehta 170 gramov. Njegova dolžina znaša 15 centimetrov, prav tako znaša 15 centimetrov tudi širina, višina pa znaša 9 centimetrov.



Slika 43: Spletna stran Emotiv Eloc X

## 9.1 Opis kompleta Emotiv Epoc X

Možgansko računalniški vmesnik Emotiv Epoc X je zapakiran v črno torbico, na kateri piše Emotiv. Na strani ima zadrgo, na zadrgi sta dva drsnika, barva dveh zobčastih zapiralnih verižic pa je na zunanji strani črne, od znotraj pa svetlo roza barve.



Slika 45: Zaščitna torba Emotiv



Slika 44: Zaščitna torba od znotraj



Ko odpremo torbo v njej najprej zagledamo možganski računalniški vmesnik Emotiv EPOC X. Torba je prilagojena, tako da se lepo prilaga obliki vmesnika.



Slika 46: Emotiv EPOC X

Vmesnik ima na vsaki strani naglavnega traka nekoliko debelejši del, v katerem potekajo zaznavanja valov. Na teh odebeljenih delih, ki se nahajajo malo nad ušesi so na desni strani vhod USB Type C, gumb za vklop in izklop, LED lučko in indikator, ki zaznava raven baterije vmesnika (zelena – napolnjen, rumena – prazen). Ko vmesnik vklopimo se izvede zvočna indikacija, izvede se pisk in nato zasveti LED lučka v beli barvi.





*Slika 48: USB Type C vhod*



*Slika 47: Gumb za vklop/izklop vmesnika ter LED lučka*

Vmesnik ima 14 kanalov opremljenih s senzorji, na katere pridejo pritrjene elektrode premazane s fiziološko raztopino. Poleg 14 senzorjev, ki zaznavajo EEG signale pa ima vmesnik tudi 2 kanala, ki služita kot referenci.



Slika 49: Senzorji vmesnika



Slika 51: Desna stran vmesnika



Slika 50: Leva stran vmesnika



Poleg vmesnika pa torba vsebuje tudi nekaj drugih pripomočkov, ki so potrebni za kvalitetno delovanje vmesnika. Zraven je še USB Dongle, ki služi za povezavo med vmesnikom in računalniškim sistemom.



Slika 53: USB Dongle slika 1



Slika 52: USB Dongle slika 2

Najpomembnejši pripomoček, ki je tudi glaven pri pravilnem delovanju vmesnika so tudi čepki ali elektrode, ki se vstavijo v prostor v senzorju, ki je namenjen elektrodam.



Slika 55: Elektrode slika 1



Slika 54: Elektrode slika 2

Preden vstavimo elektrode v senzorje pa moramo elektrode dobro premazati s fiziološko raztopino. Fiziološka raztopin BioTrue je priložena zraven vmesnika in zraven jo prejme vsak uporabnik. V primeru da nam fiziološke raztopine, ki je bila priložena zraven vmesnika zmanjka pa lahko obiščemo lekarno in kupimo navadno medicinsko fiziološko raztopino.



Slika 56: Fiziološka raztopina

Zraven vmesnika dobimo tudi originalen napajalni kabel s priključkoma USB in SUB Type C.



Slika 57: Napajalni kabel

Kot zadnja stvar, ki jo dobimo ob nakupu vmesnika Emotiv Epoc X pa je kartonasta kartica s serijsko številko.



*Slika 58: Kartica s serijsko številko*

## 9.2 Delovanje vmesnika Emotiv EPOC X

Preden začnemo karkoli početi z vmesnikom, moramo na senzorje vstaviti elektrode, ki jih še prej premažemo z fiziološko raztopino. Ko to storimo, vmesnik vklopimo, da se izvede zvočni signal in prižge bel LED lučka. Ko to storimo izberemo eno izmed dveh metod povezave z računalnikom; preko USB Dongle ali preko brezžične povezave Bluetooth. Če imamo pri sebi USB Dongle je zelo priporočena uporaba le-tega, saj bo poraba baterije na vmesniku dosti manjša.

EMOTIV Launcher 3.1.3.286 - Headset

EPOC X Firmware: 0x710 S/N: E2020189 Disconnect

Device fitting Headband position **Contact quality** EEG quality

**How to ensure good Contact Quality?**

Work each sensor underneath hair to make contact with the scalp. If all sensors are black, first adjust the reference sensors until they are green, and then adjust the other sensors.

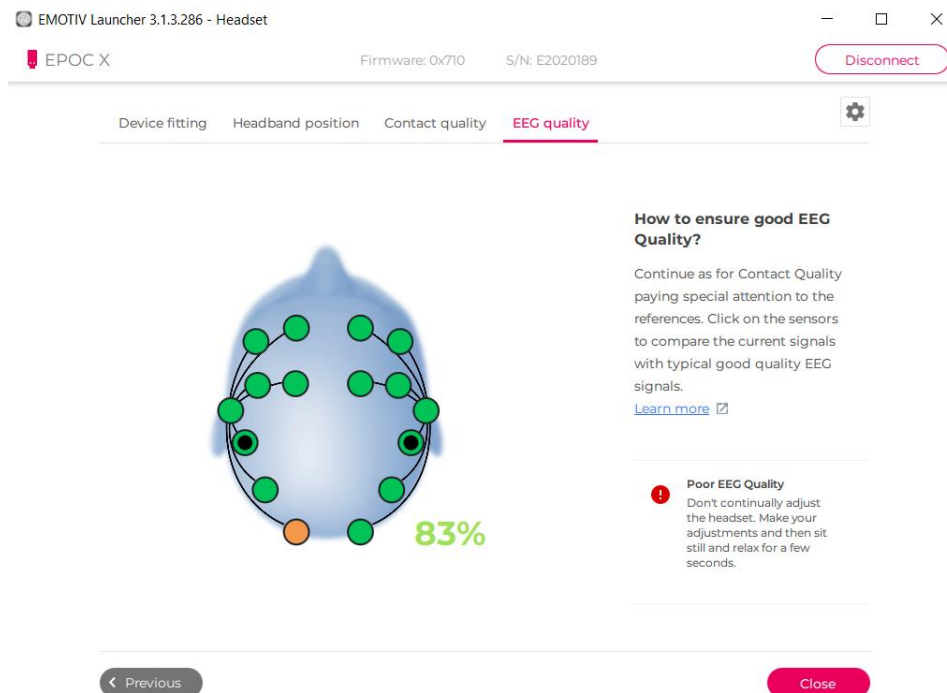
83%

< Previous Continue >

Slika 59: Zaznavnost in kvaliteta zaznavanja možganskih signalov

Nato si vmesnik dobro namestimo na glavo, tako da nam se nam udobno prilega. Prepričati se moramo tudi, da ima vmesnik dokaj dobro in kvalitetno zaznavnost.

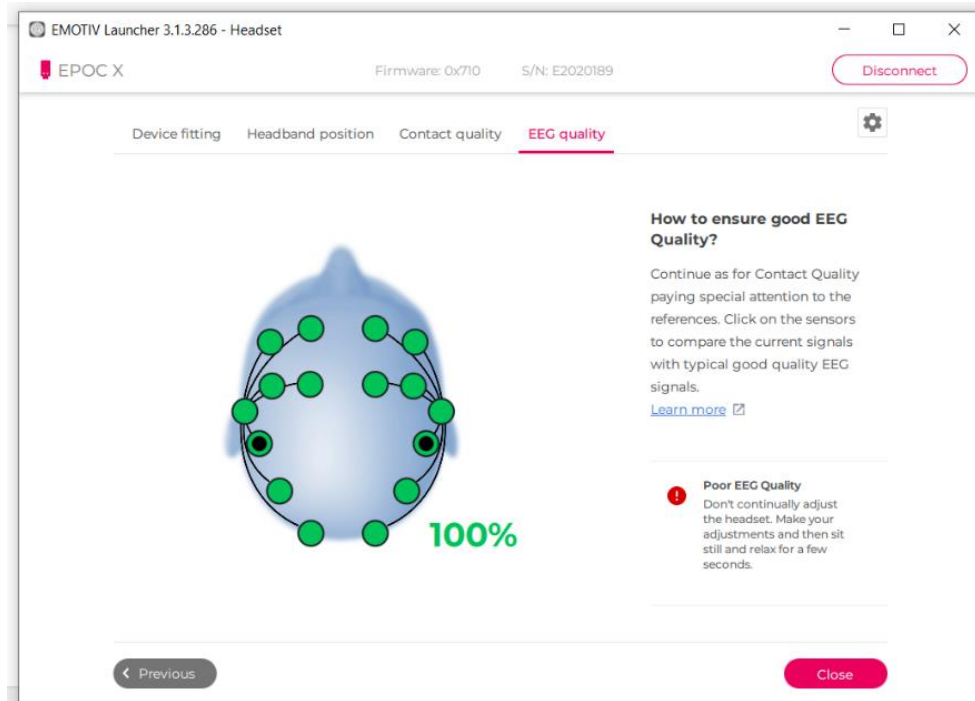




Slika 60: Kvaliteta EEG zaznavanja

Ko opravimo s preverjanjem kvalitete zaznavanja pa sledi preverjanje kvalitete zaznavanja EEG signalov. Postopek je enak prejšnjemu, nameščamo vmesnik na glavi tako dolgo, da se nam prilega in da je zaznavanje dokaj dobro.

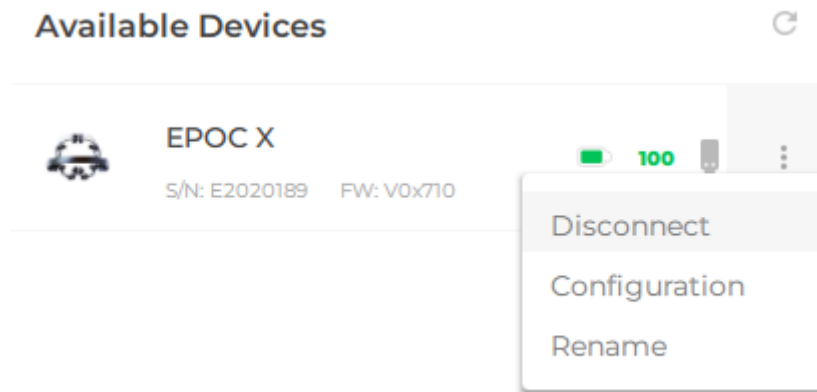
Najboljše izkoristimo delovanje vmesnika, če je zaznavanje in kvaliteta EEG 100-odstotna. Takrat bomo najbolje izkoristili polno delovanje vmesnika.



Slika 61: 100-odstotna kvaliteta zaznavanja EEG

Nato smo nared, da preizkusimo delovanje vmesnika in se z njim malo poigramo ali pa kaj koristnega naučimo.

Ko opravimo z delom z vmesnikom, mu moramo prekiniti povezavo z računalnikom in vmesnik izklopiti.



Slika 62: Izklapljanje vmesnika

Vmesniku prekinemo povezavo s pritiskom na več nastavitev v aplikaciji Emotiv Launcher in nato izberemo »Disconnect«.

Ko prekinemo povezavo vmesnika z računalnikom moramo vmesnik še izklopiti. To storimo s pritiskom na gumb na desni strani vmesnika. Bela LED lučka se mora izklopiti.

## 10. Emotiv Insight 2

Emotiv Insight 2 je možganski računalniški vmesnik znamke Emotiv. Poleg Emotiv Epoc X tudi tega uvrščamo med novejši ne invazivne vmesnike. Vmesnik je mogoče kupiti na uradni spletni strani Emotiva. Zanj bi odšteli 499 ameriških dolarjev, kar znaša okrog 434 evrov. To mu omogoča, da je eden najbolj finančno dostopnih in cenovno zelo ugodnih možganski računalniških vmesnikov na svetu.

Vmesnik je opremljen s 5-imi kanali za zaznavanje EEG, ki so razporejeni po celotni glavi in omogočajo zaznavanje celotnih možganov. Zagotavlja relativno malo časa za nastavljanje, Emotiv je navedel, da le okoli 1 do 2 minut. Za zaznavanje možganskih signalov uporablja polsuhe senzora, iz plastike. Tako so senzori zelo lahko prilagodljivi in omogočajo zelo lahko čiščenje pri uporabniku.

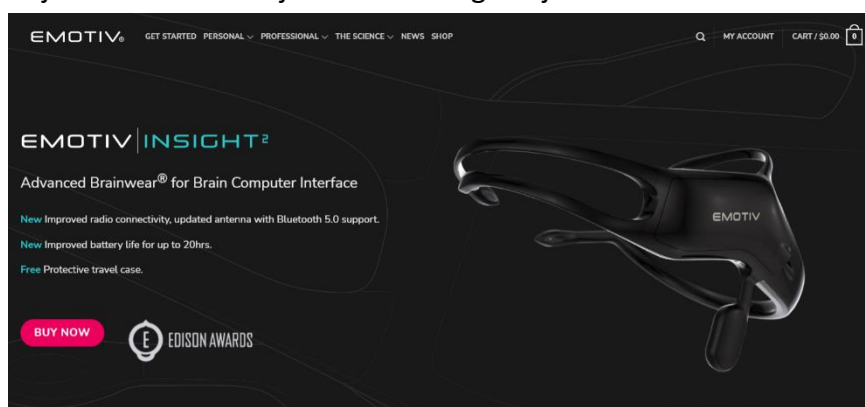
Vmesnik Emotiv Insight 2 omogoča brezžično povezavo z računalnikom. Eden izmed načinov je povezava z računalniškim sistemom preko Bluetooth. Bluetooth je hitra in enostavna izbira za povezavo. Drug način pa je s USB Dongle, z univerzalnim USB ključkom, ki nam omogoča povezavo kateregakoli izmed Emotiv-ovih vmesnikov z računalniškim sistemom. Povezava vmesnika z računalnikom preko USB Dongle je najenostavnejša, saj samo USB priključimo v računalnik na enega izmed USB vhodov in prižgemo vmesnik ter na Emotiv Launcher aplikaciji izberemo »Connect«.

Poleg petih kanalov s senzori ima vmesnik še dva kanala, ki služita zgolj le kot referenci. Senzorji so gumijasti, s tremi zobmi na vsakem senzoru. Trije zobje na senzorjih so namenjeni boljšemu prodoru skozi lasišče.

Za razliko od ostalih ima ta vmesnik zelo dobro baterijo. Gre za polimer-litijsko baterijo. Polna baterija bi naj od enega samega polnjenja zdržala kar dvajset ur.

Vmesnik poleg valov zaznava tudi izraze na obrazu. Pri uporabniku zazna ali; uporabnik pomežika (z levim ali desnim očesom), je namrščen, se smeji, obraz stiska, je presenečen.

Meritve, ki jih vmesnik izvaja glede na uporabnika pa so raven stresa, navdušenje, sprostitve, zanimanje in osredotočenost. Vmesnik ima 9-osni senzor, ki zaznava premikanje glave. Gre za enega najbolj natančnih senzorjev za zaznave gibanja.



Slika 63: Emotiv Insight 2 na uradni Emotiv spletni strani



*Slika 65: Emotiv Insight 2*

Vmesnik je trši, iz plastike, ki ni ravno upogljiva in posledično tudi manj nastavljiva.



*Slika 64: Zaščitna torba za Emotiv Insight 2*

Zaščitna torba za vmesnik Emotiv Insight 2 je zelo robustna, zaščiti vmesnik pred padci in ostalimi trdnejšimi udarci, ki bi mogoče poškodovali vmesnik, če ne bi bil v zaščitni torbi.



Slika 67: Čepki oz. senzori

Na zgornji sliki je 5 plastičnih senzorjev, ki se priključijo na kanale. So iz plastike in za delovanje potrebujejo biti namazani s raztopino, ki jo prejmemo zraven vmesnika ali jo naredimo sami doma.



Slika 66: Raztopina za uporabo Emotiv Insight 2

Za delovanje vmesnika in njegovih senzorjev za zaznavo možganskih signalov je nujno potrebna raztopina, ki jo naneseemo pred vsako uporabo vmesnika na vsak senzor posebej. Tekočino sestavlja 20 odstotkov fiziološke raztopine in 80 odstotkov glicerina.



Slika 69: Napajalni kabel za Emotiv Insight 2 in univerzalni USB Dongle

Na zgornji sliki sta napajalni kabel za napajanje vmesnika Emotiv Insight 2 ter univerzalni USB Dongle, ki se uporablja pri povezavi vmesnika z računalniškim sistemom.



Slika 68: Serijska kartica Emotiv Insight 2

Zraven nakupa vmesnika seveda prejmemo še serijsko številko vmesnika, ki je izpisana na kartonasti kartici.



## 11. Primerjava vmesnikov Emotiv Epoc X in Emotiv Insight 2

Vmesnika sta si zelo različna. Razlikujeta se že po številu senzorjev in referenčnih senzorjev. Epoc X ima 14 senzorjev in 2 referenčna sensorja, medtem ko Insight 2 ima 5 senzorjev in 2 referenčna sensorja. Posledično velja, da Epoc X natančneje zaznava električne valove. Prav tako ima Epoc X senzorje na več lokacijah kot pa Insight 2.

Pri zaznavni resoluciji sta si vmesnika zelo podobna. Insight lahko meri v 16 bitov na kanal, pri Epoc X pa imamo možnost izbire; ali 14 bitov ali 16 bitov na kanal.

Vmesnika uporabljata 2 različni vrsti senzorjev. Insight 2 uporablja polsuhe plastične senzorje. Epoc X pa uporablja senzorje v katere vstavimo s fiziološko raztopino premočene čepke. Oba vmesnika uporabljata 9-osni gibalni senzor.

Oba vmesnika se z računalnikom povežeta na isti način; brezžično ali z uporabo USB Dongle ali Bluetooth. V primeru povezovanja z Bluetooth je povezava možna z Bluetooth verziji 5.

Vzdržljivosti baterij vmesnikov se prav tako razlikujeta. Insight 2 uporablja baterijo, ki naj bi ob polnem polnjenju zdržala 20 ur. Baterija vmesnika Epoc X pa naj bi zdržala le 9 ur.

Omembe pomembno omeniti je tudi frekvenčni odziv vmesnikov. Tudi pri tem se nekoliko razlikujeta. Insight 2 ima frekvenčni odziv od 0,5 do 43 Hz. Epoc X pa ima frekvenčni odziv od 0,16 do 43 Hz.

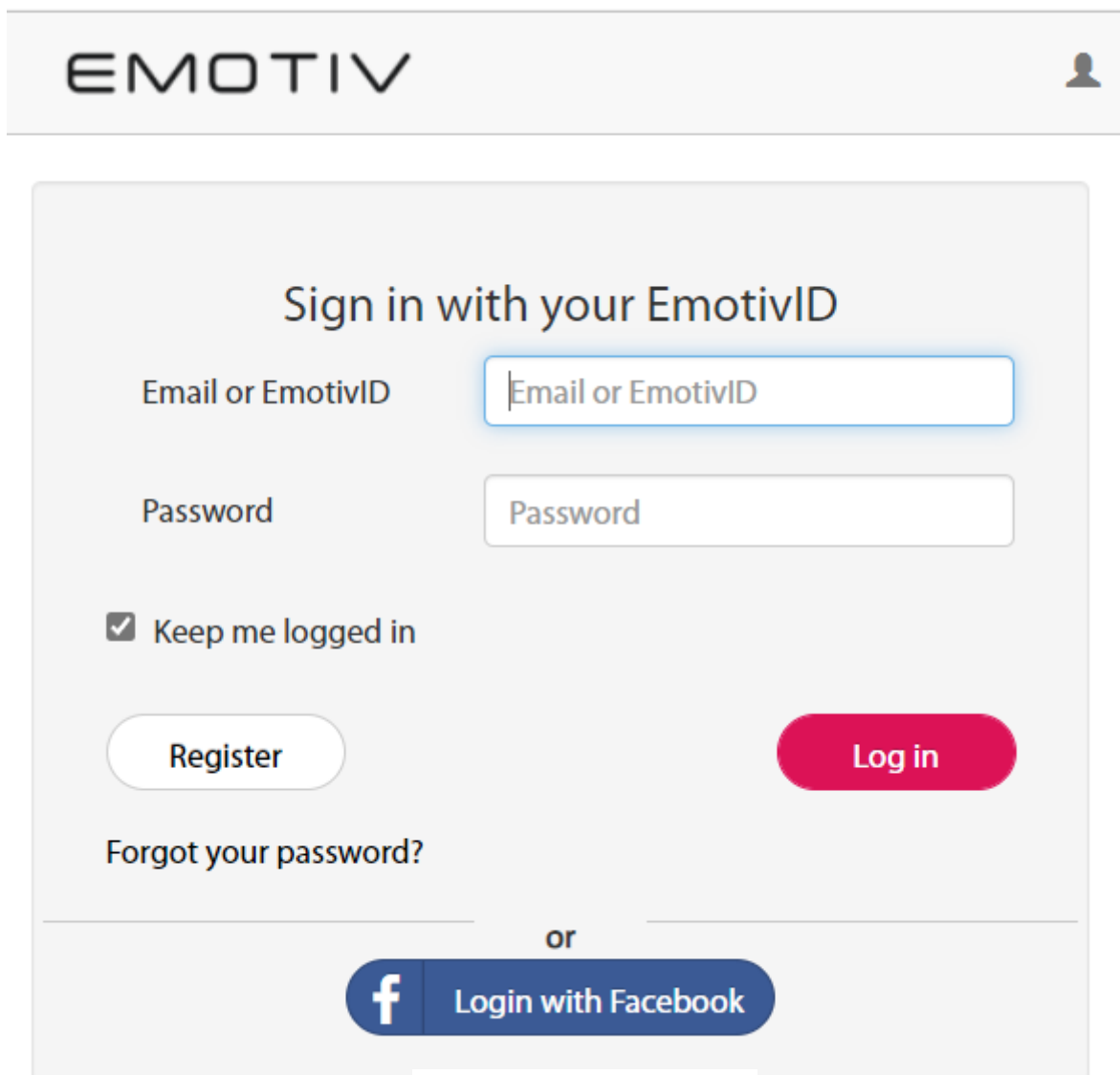
Konec koncev se vmesnika razlikujeta tudi v ceni. Za Epoc X bi odšteli okoli 775€, za Insight 2 pa okoli 455€.

## 12. Praktični del – Prilagoditev video igre Minecraft za možganski vmesnik

### 12.1 Pridobivanje API-ja

Za praktični del sva uporabila dva možganska vmesnika, podjetja Emotiv in sicer modela Insight ter Eloc. Za začetek programiranja z Emotiv napravami je potrebno pridobiti dostop do Cortex API-ja ki bere in pošilja podatke iz možganskih vmesnikov. Emotiv Cortex je osrednji del tehnologije pri Emotivu, ki prinaša možganski računalniški vmesnik potrošniku. Ciljno občinstvo je vsak, ki ima nekaj programskih veščin, ki želi razviti aplikacijo tretje osebe, ki deluje s napravami Emotiv. Cortex API je zgrajen na JSON in WebSockets, kar omogoča enostaven dostop iz različnih programskih jezikov in platform.

<https://id.emotivcloud.com/eoidc/api-auth/login/?next=/eoidc/oidc/authorize/%3Fcli...>



EMOTIV

### Sign in with your EmotivID

Email or EmotivID

Password

Keep me logged in

[Forgot your password?](#)

or

Slika 70: Okno za prijavo na Emotiv



Ustvarila sva ID aplikacije in ustrezen ID odjemalca ter skrivno kodo odjemalca za najino aplikacijo, da omogočite dostop do API-ja Cortex. Morala sva se prijaviti na [www.emotiv.com](http://www.emotiv.com). Pod nadzorno ploščo Moj račun ( <https://www.emotiv.com/my-account/> ). Izbrala Cortex Apps. Vnesla sva ime najine nove aplikacije – ID aplikacije bo samodejno ustvarjen v obliki `com.{vaše-uporabniško ime}.{ime-aplikacije}`. Niz ID-ja aplikacije sme vsebovati samo alfanumerične znake (A-Z, a-z, 0-9), vezaje (-) in pike (.). Če ste kupili naročnino na EEG Data API se je potrebno odločiti, ali vaša aplikacija zahteva dostop do toka podatkov EEG. Če vaša aplikacija ne zahteva podatkov EEG, imate pravico, da jih delite z največ 10.000 uporabniki, preden se obrnete na Emotiv za licenco za uporabo.

Na koncu sva kliknila Registracija aplikacije. Predstavljena sta nama bila ID stranke in skrivna koda. Takoj jih je bilo potrebno kopirati na varno mesto, saj se skrivnost odjemalca za varnost, prikaže samo enkrat. Če bi ga izgubila, bi morala pozneje ustvariti nov ID aplikacije.

The app ID string must contain only alphanumeric characters (A-Z, a-z, 0-9), hyphen (-), and period (.)

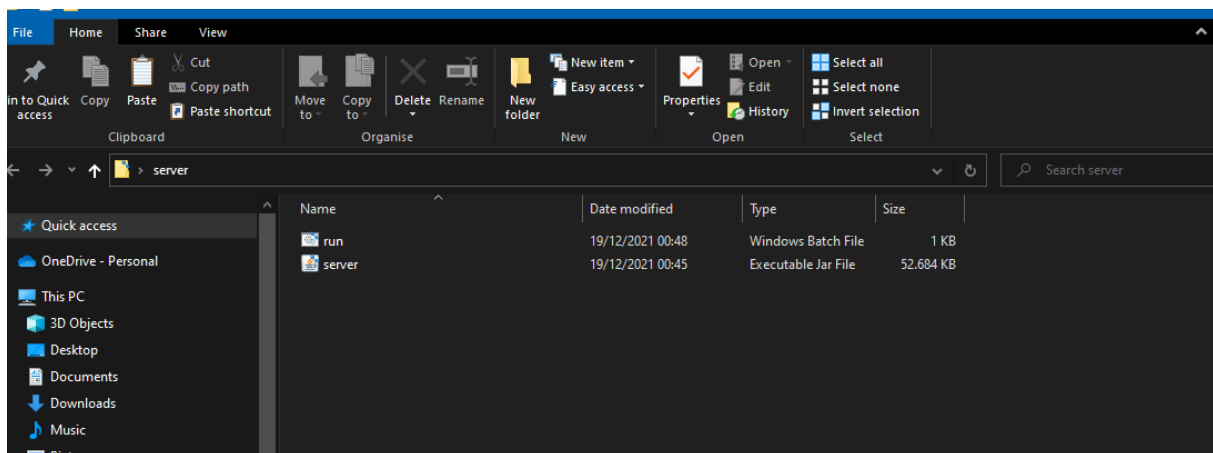
APP NAME	APP ID	CLIENT ID	EEG
minecraft	com.filololski.minecraft	On0D1VtrtgaLKgnzuliByFMx5vDLe1DUc6SGKXL	NO

Slika 71: Postopek registriranja aplikacije na Emotiv

## 12.2 Ustvarjanje strežnika za igro

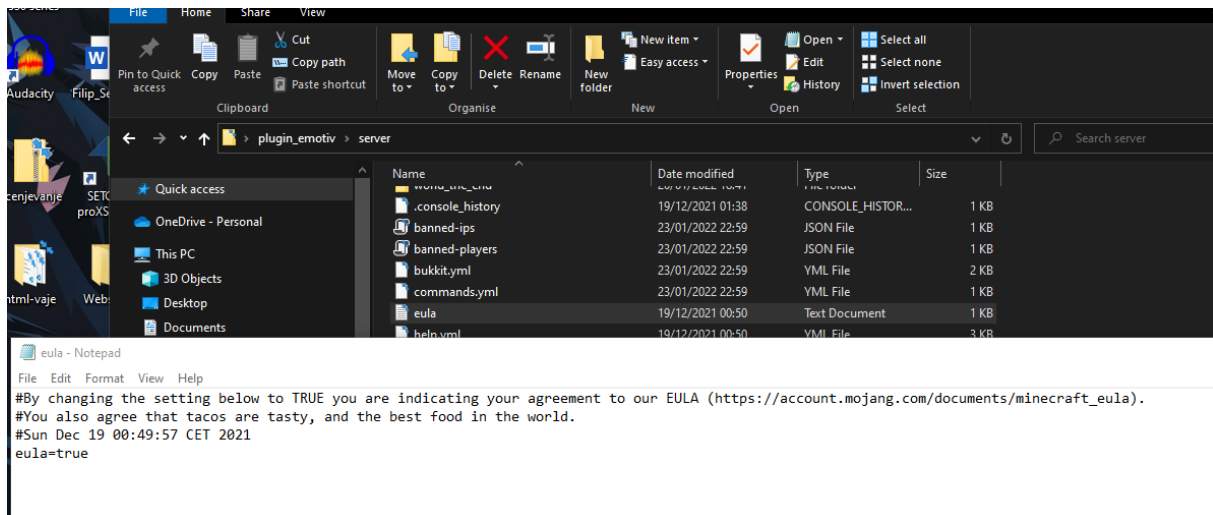
Za strežnik sva potrebovala Java JDK (Java Development Kit) je distribucija tehnologije Java podjetja Oracle Corporation. Izvaja specifikacijo jezika Java (JLS) in specifikacijo navideznega stroja Java (JVMS) ter zagotavlja standardno izdajo (SE) vmesnika za programiranje aplikacij Java (API). Izhaja iz OpenJDK, ki ga poganja skupnost, ki ga upravlja Oracle. Ponuja programsko opremo za delo z aplikacijami Java. Primeri vključene programske opreme so navidezni stroj, prevajalnik, orodja za spremljanje zmogljivosti, razhroščevalnik in drugi pripomočki, za katere Oracle meni, da so uporabni za programerja Jave.

Potrebovala sva tudi strežnik za Minecraft. Na koncu sva se odločila za SpigotMC. Gre za spremenjen strežnik Minecraft, ki temelji na CraftBukkitu, ki zagotavlja dodatne optimizacije, zmogljivosti, možnosti konfiguracije in funkcije, hkrati pa ostaja združljiv z vsemi obstoječimi vtičniki in skladi z mehaniko igre Minecraft. V Spigotu je prisotnih več kot 150 izboljšav, vključno s podporo BungeeCord; konfiguracija številnih vrednosti notranjega strežnika, kot so stopnje rasti pridelkov, lakota, sledenje entitetam, semena zemljevidov; izboljšano profiliranje nadzora in časov za odkrivanje težav z vtičniki; nadaljnja konfiguracija za elemente, kot so aktivacija entitet; prepisano nalaganje, razkladanje in shranjevanje; in nekaj uporabnih dodatkov API-ja za razvijalce.

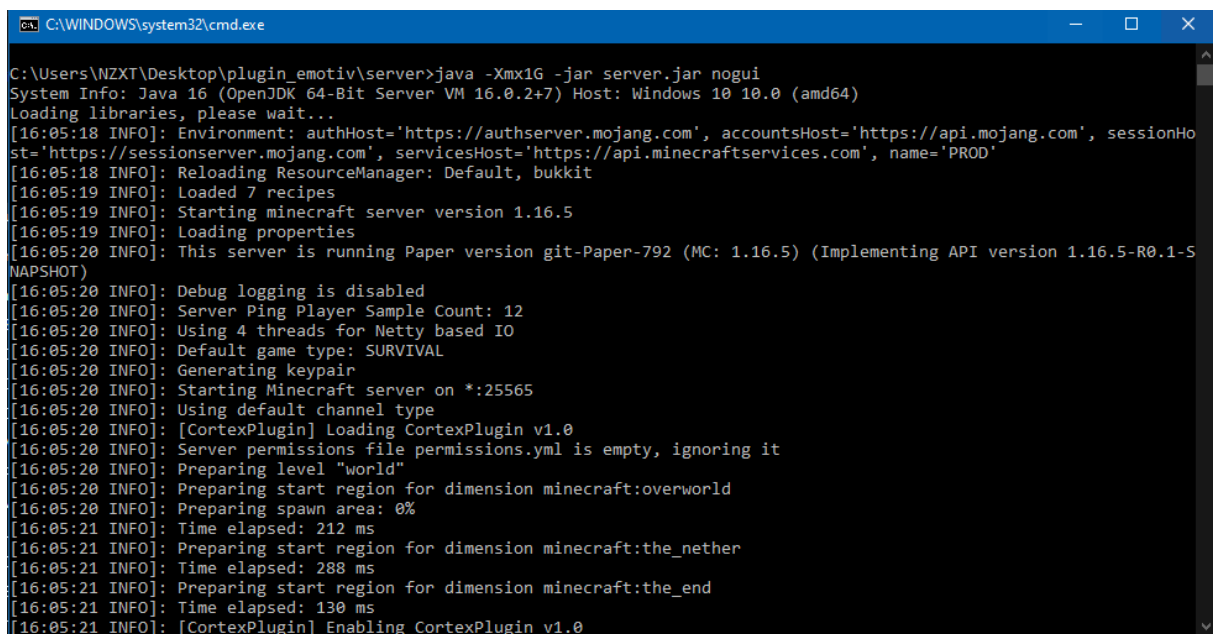


Slika 72: Server datoteke v mapi

Za zagon strežnika je najprej bilo potrebno ustvariti mapo z naloženim SpigotMC strežnikom, ki ga preimenujemo v server. V to mapo je potem potrebno ustvariti .bat (Windows batch file), ki bo sprožila zagon strežnika. V ta .bat file morajo biti naslednji ukaz: »java -Xmx1G -jar server.jar nogui PAUSE«. Ko se strežnik prvič odpre v cmd konzoli ga je potrebno zapreti in poiskati .txt (Text file) z imenom EULA, ki bi se morala pokazati nekje med datotekami v mapi v kateri imamo strežnik. Ko najdemo EULA datoteko jo odpremo in v njej bi moralo na koncu besedila pisati »eula = false« in spremenimo false v true, s tem potrjujemo, da se strinjamo z pravicami za uporabo strežnika.



Slika 73: Datoteka pogojev uporabe



Slika 74: Delujoč server

### 12.3 Ustvarjanje kode vmesnika za Minecraft in BCI

Pri kreiranju projekta sva si pomagala z intelij IDEA, to je integrirano razvojno okolje (IDE), napisano v Javi za razvoj računalniške programske opreme. Razvil ga je JetBrains (prej znan kot IntelliJ) in je na voljo kot izdaja skupnosti z licenco Apache. Potrebovala sva tudi Maven za komunikacijo z strežnikom. Maven je orodje za avtomatizacijo gradnje, ki se uporablja predvsem za projekte Java. Maven se lahko uporablja tudi za gradnjo in upravljanje projektov, napisanih v C#, Ruby, Scala in drugih jezikih. Projekt Maven gosti fundacija Apache Software Foundation, kjer je bil prej del projekta Jakarta. Maven obravnava dva vidika gradnje programske opreme: kako je programska oprema zgrajena in njene odvisnosti. Za razliko od prejšnjih orodij, kot je Apache Ant, uporablja konvencije za postopek gradnje. Določiti je treba le izjeme. Datoteka XML opisuje projekt programske opreme, ki se gradi, njegove odvisnosti od drugih zunanjih modulov in komponent, vrstni red gradnje, imenike in potrebne vtičnike. Na voljo je z vnaprej določenimi cilji za izvajanje določenih dobro opredeljenih nalog, kot je prevajanje kode in njeno pakiranje. Maven dinamično prenese knjižnice Java in vtičnike Maven iz enega ali več skladišč, kot je Maven 2 Central Repository, in jih shrani v lokalni predpomnilnik.

Player	Movement Speed	MOVEMENT_SPEED	Excitement
Player	Knockback Resistance	KNOCKBACK_RESISTANCE	Relaxation
Player	Max Health	MAX_HEALTH	Relaxation
Player	Attack Damage	ATTACK_DAMAGE	Focus
Player	Attack Speed	ATTACK_SPEED	Focus
Monster	Movement Speed	MOVEMENT_SPEED	Stress
Monster	Follow Range	FOLLOW_RANGE	Stress
Monster	Attack Damage	ATTACK_DAMAGE	Engagement

Slika 75: Tabela sprememb atributov v igri

Najprej sva začela tako da sva ustvarila nov projekt prilagojen za Minecraft. Sledilo je pisanje kode, najprej za povezavo z možganskim vmesnikom preko websocketa. Nato sva si zamislila načrt in tabelo, kako bo možganski vmesnik vplival na igro med igranjem.

Odločila sva se, da bodo atributi, ki jih pošilja BCI različno vplivali na igralca in pošasti okoli njega. Na primer, če se bo igralec počutil navdušenega (v tabeli »Excitement«) se bo njegova hitrost v igri pospešila. Podobno sva naredila za vse attribute, ki jih pošilja API od BCI-ja; sproščenost vpliva na igralcev odboj ob napadu, hkrati pa vpliva tudi na število njegovih življenjskih točk, medtem ko igralčev fokus poveča njegovo moč ter hitrost udarcev, stres pa na hitrost in zaznavanje pošasti.

Najprej je sledilo pisanje kode, ki naredi, da se program poveže z strežnikom in od njega bere podatke, ki jih posreduje naprej v program. Te podatek je bilo potem potrebno prilagoditi in spremeniti z metodo, ki je prikazana spodaj na sliki.

```
if (!this.metrics.update((double) this.cortex.getResponse().get("time"), (JSONArray) this.cortex.getResponse().get("met")))
    return;

for (String met: this.metrics.metrics.keySet())
    p.sendMessage(this.metrics.getMetricMessage(p.getDisplayName(), met));

modifyAttribute(p, GenericAttributes.MOVEMENT_SPEED, // spremeni z | excitement
    AttributeModifier.Operation.MULTIPLY_TOTAL,
    movementSpeedUUID,
    this.metrics.getMetric("exc"));

modifyAttribute(p, GenericAttributes.KNOCKBACK_RESISTANCE, // spremeni z relaxation
    AttributeModifier.Operation.MULTIPLY_TOTAL,
    knockbackResistanceUUID,
    this.metrics.getMetricInverse("rel"));

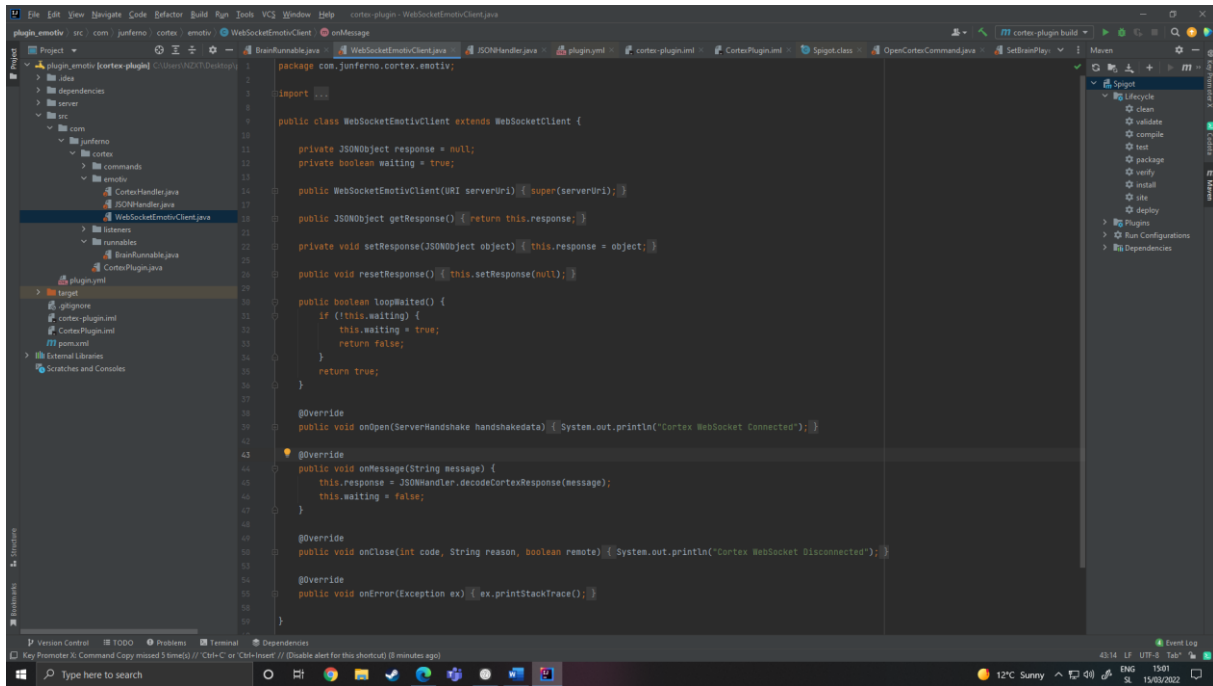
modifyAttribute(p, GenericAttributes.MAX_HEALTH, // spremeni z focus
    AttributeModifier.Operation.MULTIPLY_TOTAL,
    attackKnockbackUUID,
    this.metrics.getMetric("rel"));

modifyAttribute(p, GenericAttributes.ATTACK_DAMAGE, // spremeni z focus
    AttributeModifier.Operation.MULTIPLY_TOTAL,
    attackDamageUUID,
    this.metrics.getMetric("foc"));

modifyAttribute(p, GenericAttributes.ATTACK_SPEED, // spremeni z focus
    AttributeModifier.Operation.MULTIPLY_TOTAL,
    attackKnockbackUUID,
    this.metrics.getMetric("foc"));

List<Entity> entities = p.getLocation().getWorld().getEntities();
for (Entity entity:entities)
    if (entity.getLocation().distance(p.getLocation()) <= RANGE && entity instanceof Monster) {
        modifyAttribute((Monster) entity,
            GenericAttributes.MOVEMENT_SPEED, // spremeni z stress
            AttributeModifier.Operation.MULTIPLY_TOTAL,
            movementSpeedUUID,
            this.metrics.getMetric("str"));
    }
```

Sledila je povezava programa in Emotivovega WebSocketeta imenovanega Cortex api, ki nam bo posredoval stanje uporabnika in vse informacije iz vmesnika, ko bo povezava uspešno vzpostavljena. Potrebno je bilo napisati tudi json v primeru, da bi v povezavi prišlo do napake nam program vrže »Exception«.



```

package com.junferno.cortex.emotiv;

import org.json.JSONObject;

public class WebSocketEmotivClient extends WebSocketClient {

    private JSONObject response = null;
    private boolean waiting = true;

    public WebSocketEmotivClient(URI serverURI) { super(serverURI); }

    public JSONObject getResponse() { return this.response; }

    private void setResponse(JSONObject object) { this.response = object; }

    public void resetResponse() { this.setResponse(null); }

    public boolean loopMaited() {
        if (!this.waiting) {
            this.waiting = true;
            return false;
        }
        return true;
    }

    @Override
    public void onOpen(ServerHandshake handshakeData) { System.out.println("Cortex WebSocket Connected"); }

    @Override
    public void onMessage(String message) {
        this.response = JSONHandler.decodeCortexResponse(message);
        this.waiting = false;
    }

    @Override
    public void onClose(int code, String reason, boolean remote) { System.out.println("Cortex WebSocket Disconnected"); }

    @Override
    public void onError(Exception ex) { ex.printStackTrace(); }
}

```

Slika 76: Povezava websocketeta s programom

Ko sva tako uspešno povezala vmesnik preko Websocketeta s programom in strežnikom sva napisala še kodo za nekaj osnovni ukazov, ki lahko prekinajo delovanje vmesnika po potrebi med igro skozi konzolo igre. Koda za administratorske ukaze je bila sledeča.

```

package com.junferno.cortex.commands;

import ...

public class CloseCortexCommand extends CortexCommand {

    public CloseCortexCommand(CortexPlugin plugin) { plugin.getCommand("close").setExecutor(this); }

    public boolean checkPerms(Player p) { return p.hasPermission("cortex.connection.close"); }

    public boolean execute(Player p) {
        try {
            if (CortexPlugin.closeCortex()) {
                p.sendMessage("Vmesnik uspešno izklopljen");
                return true;
            }
            else {
                p.sendMessage("Vmesnik je že izklopljen");
                return false;
            }
        } catch (InterruptedException e) {
            p.sendMessage("Vmesnik se ni uspel izključiti");
            return false;
        }
    }
}

```

Slika 78: Koda za ukaze v igri

```

class Metric {
    protected HashMap<String, Double> metrics = new HashMap<String, Double>();
    private HashMap<Integer, String> metricNames = new HashMap<Integer, String>();
    private HashMap<String, String> metricFullNames = new HashMap<String, String>();

    private JSONArray result;
    private double time;

    public Metric() {
        this.metricNames.put(1, "eng");
        this.metricNames.put(3, "exc");
        this.metricNames.put(4, "lex");
        this.metricNames.put(6, "str");
        this.metricNames.put(8, "rel");
        this.metricNames.put(10, "int");
        this.metricNames.put(12, "foc");

        this.metricFullNames.put("eng", "Engagement");
        this.metricFullNames.put("exc", "Excitement");
        this.metricFullNames.put("str", "Stress");
        this.metricFullNames.put("rel", "Relaxation");
        this.metricFullNames.put("int", "Interest");
        this.metricFullNames.put("foc", "Focus");

        for (String metricName: metricNames.values())
            this.metrics.put(metricName, 0.5);
    }

    public double getMetric(String met) { return this.metrics.get(met); }

    public double getMetricInverse(String met) { return 1-this.getMetric(met); }

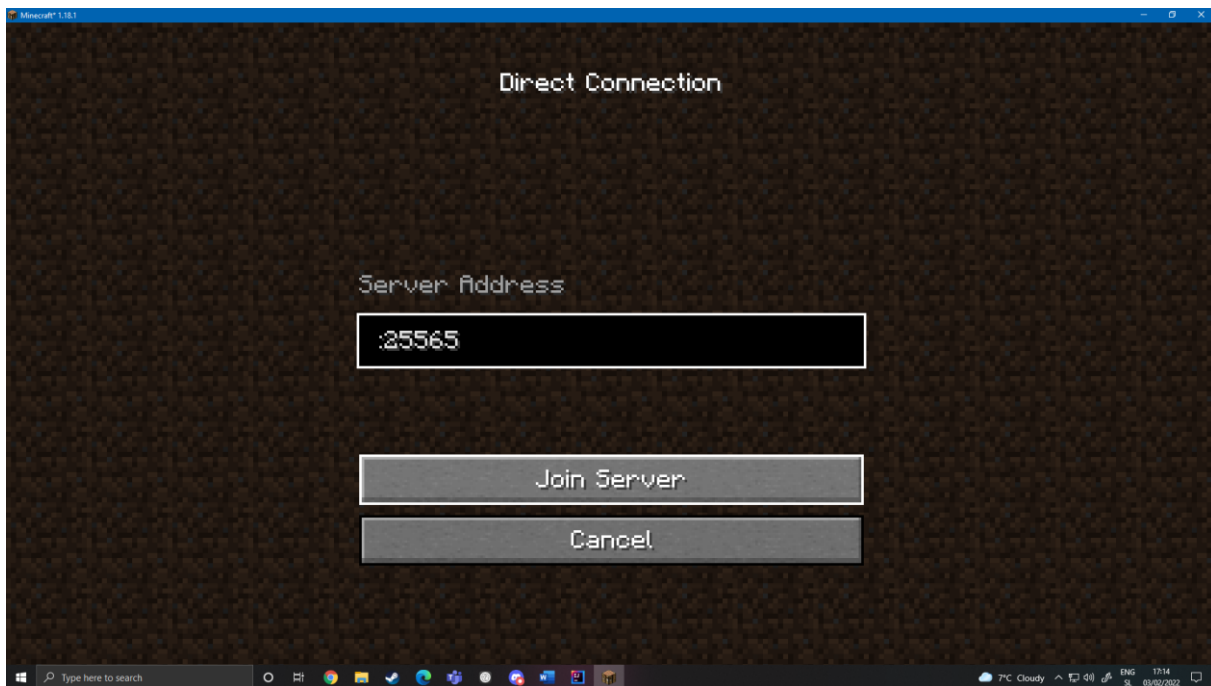
    public String getMetricMessage(String user, String met) {
        return user + " " + this.metricFullNames.get(met) + " at " + ((int) (this.getMetric(met) * 100)) + "%";
    }

    public void putIfActive(int activeIndex, int metricIndex) {
        if ((boolean) this.result.get(activeIndex))
            this.metrics.put(this.metricNames.get(metricIndex), (double) this.result.get(metricIndex));
    }
}

```

Slika 77: Koda za spreminjanje atributov v igri

Sledilo je nekaj testiranj kode in popravljanja možnih sintaktičnih napak, uporaba razhroščevalnika in ko so bile vse napake odpravljene je sledil pravi test z zagonom strežnika, ko je bil ta uspešen je sledil še priklop vmesnika, ko se je ta tudi uspešno povezal z programom in strežnikom pa je sledilo samo testiranje v igri sami.



Slika 79: Povezovanje na strežnik

Naslednji je bil zagon strežnika, ki se vedno odpre na localhost na vratih :25565. Nanj sva se lahko priklopila skozi brskalnik strežnikov v igri. Ko sva se povezala je sledil končni test z možganskim vmesnikom in rezultat je bil sledeč: atributi so se pravilno izpisovali ob robu zaslona, ter so izpisovali vrednosti, največje težave so bile med vmesnikom in programom, saj je občasna slaba kvaliteta zaznavanja signalov možganov vplivala na samo delovanje programa in povzročala zakasnitve.





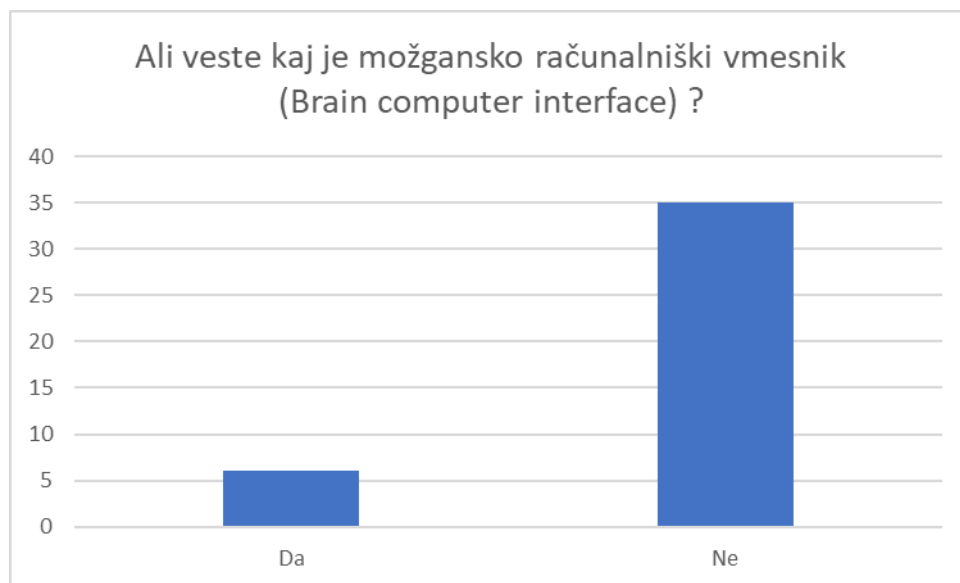
Slika 80: Igralčev pogled z vmesnikom na igro

Po nekaj minutah igranja je vse delovalo kot zamišljeno, če se je igralec počutil dokaj fokusiranega se je njegov procent fokusa v igri večal in začel vplivati na igralčevo moč v igri in ko se je nehal fokusirati se je ta zmanjšal ter je tako manj vplival na njegovo moč v igri. Enako je veljalo za stres in razburjenje vendar pa sva naletela na manjšo oviro saj so se procenti sproščenosti in stresa večino časa ujemali kar pa malo čudno saj gre za nasprotja in po pregledu v kodi nisva našla težave sumiva pa da je kriva nenatančnost vmesnika, ki morda ne ve točne razlike med stresom in sproščenostjo in jo tako morda zamenjuje, seveda pa bi lahko bilo nenatančnosti še več.

## 13. Anketa

V nadaljevanju vam bova podrobneje predstavili analizo ankete in rezultate najine raziskovalne naloge. V analizi ankete bova predstavili vprašanja, ki smo jih zastavili anketirancem in njihove odgovore. V analizi hipotez pa bomo zastavljene hipoteze potrdili ali ovrgli na podlagi pridobljenih odgovorov iz spletne ankete. V njej je sodelovalo 41 anketirancev.

Najprej sva anketirance vprašala ali vedo kaj je možgansko računalniški vmesnik. Po odgovorih sva ugotovila da večina ljudi ne ve kaj je možgansko računalniški vmesnik.



Slika 81: Graf 1

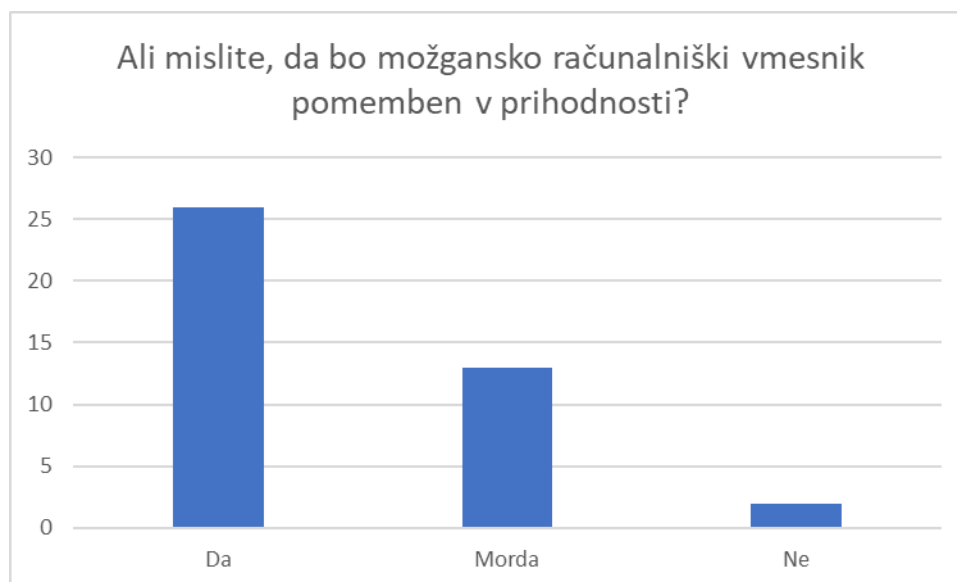
Naslednje vprašanje je bilo, če bi anketiranci uporabljali možgansko računalniški vmesnik.



Slika 82: Graf 2

Tokrat je bil odziv malo bolj mešan ampak po večini, ljudje še vseeno nebi uporabljali vmesnika, kar je pravzaprav logično, saj jih večina ni poznala kaj je to.

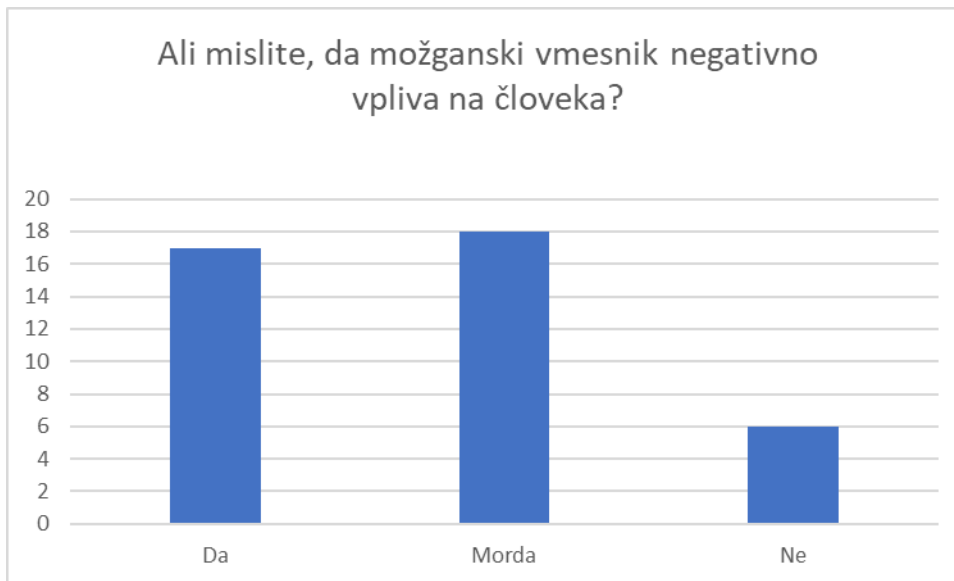
Sledilo je vprašanje; ali mislite, da bo možgansko računalniški vmesnik pomemben v prihodnosti?



Slika 83: Graf 4

Tokrat je bil odziv zelo pozitiven, večina ljudi misli, da bo vmesnik v prihodnosti pomembna tehnologija, medtem ko skoraj nihče ni rekel ne.

Na vprašanje, ali mislite, da možganski vmesnik negativno vpliva na človeka je večina odgovarjala z da ali morda kar pomeni, da jih večina misli, da možganski vmesnik negativno vpliva na človeka, to utemeljujeva s tem, da veliko ljudi ne pozna te tehnologije in ne vedo kako deluje.



Slika 84: Graf 3

Zatem je bilo zastavljeno vprašanje o ceni vmesnika, anketiranci so lahko izbirali ceno za katero mislijo, da je najbližja cenam na trgu.



Slika 85: Graf 5

Velika večina je jih je odgovorila z od 100-500€ ali 1000+€, kar pomeni, da ljudje menijo, da so možganski vmesniki dokaj draga zadeva kar je za enkrat tudi povsem res.

Zadnje vprašanje je bilo o tem ali bi anketiranci imeli ali uporabljali možganski vmesnik.



Slika 86: Graf 6

Največ jih je odgovorilo z ne, kar se spet navezuje na to da možganski vmesnik ni dobro poznan in ljudje ne vedo, kako deluje in kaj lahko z njim počnejo. Nekaj pa jih je vseeno odgovorilo z da, kar pa pomeni, da nekaj zanimanja vendarle obstaja.

## 14. Analiza hipotez

1. Raziskovanje možganskih vmesnikov bo zahtevno saj ta tehnologija spada med novejše.
2. Pisanje programa za možganski vmesnik bo težje saj na spletu še ne obstaja toliko primerov.
3. Zaradi težavnosti branja možganskih impulzov, rezultati morda ne bodo vedno natančni.
4. Večina ljudem je tehnologija kot so možganski vmesniki tuja in nepoznana.

Glede na delo z možganskim vmesnikom in rezultati ankete sva ugotovila da so bile najine hipoteze večinoma pravilne.

Prvo hipotezo, ki pravi da bo raziskovanje možganskih vmesnikov zahtevno, lahko zavrneva, saj je bilo na internetu ogromno podatkov in informacij glede možganskih vmesnikov in lahko to tudi potrdiva z ogromno teoretične vsebine, ki sva jo črpala na spletu.

Drugo hipotezo, da bo pisanje progama težje saj obstaja malo primerov lahko potrdiva, saj je bil sam pristop in način pisanja malo drugačen kot sicer, zelo težko je bilo sprva najti kaj uporabne pomoči na spletu, ki je je bilo že tako boj malo, saj večina ljudi še ne piše programov za možganski vmesnik.

Tretjo hipotezo, ki pravi da zaradi težavnosti branja možganskih impulzov, rezultati morda ne bodo najbolj natančni, lahko potrdiva, saj sva sama imela nekaj težav z nameščanjem samega vmesnika na glavo ter povezavo s senzorji, težave so bile tudi pri slabi povezavi med igranjem igre z vmesnikom, ki so povzročale različne napake in hrošče v kodi.

Četrto hipotezo, da je tehnologija možganskega vmesnika večini nepoznana, lahko potrdiva, saj sva glede na rezultate najine ankete ugotovila, da kar 85.6% vprašanih ne ve kaj je možgansko računalniški vmesnik.

## 15. Zaključek

V prvem delu naloge sva opisala možganski vmesnik, zgodovino, različne vrste, uporabnost in prihodnost vmesnika. Sledil je opis najinih vmesnikov, podjetja, ki jih izdeluje in primerjava obeh dveh modelov Epoc x in Insight. Sledijo je načrtovanje programa za možganski vmesnik, ki bi povezal videoigro Minecraft in vmesnik z uporabnikom, nato bi lahko z pomočjo vmesnika igral igro z »mislím« in »občutki«. Najprej je bilo potrebno načrtovanje programa, kreiranje strežnika in povezave za vmesnik. Sledilo je programiranje povezav med vmesnikom, igro in strežnikom, potem je sledilo spreminjanje atributov za igro in prilagajanje vmesnika. Sledil je končni test in samo poskušanje igranja igre z mislimi, rezultati so bili mešani ampak nama je vendar le uspelo doseči najin cilj, vsaj glede na program, ki sva ga hotela napisati. Naslednja je bila analiza ankete, s katero sva ugotovila, da možganski vmesnik še ni tako razširjen, saj ga večina anketirancev ni poznala. Za tem je sledila potrditev ali zavrnitev hipotez, ki sva jih zastavila. Večino sva lahko potrdila, tako da sva bila kar natančna glede najinih predvidevanj. Ponosna sva na to kar sva dosegla z programom in najino raziskavo samo in upava, da se bo v prihodnosti tehnologija možganskega vmesnika razvijala samo še naprej in bo dostopna čim več ljudem.

## 16. Viri in literatura

- avtorjev, v. r. (-2022). *ScienceDirect*. Pridobljeno iz Brain Computer Interface:  
<https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/brain-computer-interface>
- Best, J. (13. november 2019). *ZDNet*. Pridobljeno iz Building the bionic brain:  
<https://www.zdnet.com/article/what-is-bci-everything-you-need-to-know-about-brain-computer-interfaces-and-the-future-of-mind-reading-computers/>
- Gonfalonieri, A. (6. oktober 2020). *Harvard Business Review*. Pridobljeno iz Technology and Analytics: <https://hbr.org/2020/10/what-brain-computer-interfaces-could-mean-for-the-future-of-work>
- Proc., M. C. (marec 2012). *NCBI*. Pridobljeno iz PMC:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3497935/>
- Rao, R. P. (2013). *Brain-Computer Interfacing: An Introduction*. Cambridge.
- Wikipedia. (5. februar 2022). *Wikipedia*. Pridobljeno iz Brain Computer Interface:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Brain%E2%80%93computer\\_interface](https://en.wikipedia.org/wiki/Brain%E2%80%93computer_interface)

Viri slik:

Slika 12: <https://spectrum.ieee.org/media-library/two-tiny-arrays-of-implanted-electrodes-relayed-information-from-the-brain-area-that-controls-the-hands-and-arms-to-an-algorithm-which-translated-it-into-letters-that-appeared-on-a-screen-the-screen-says-hello.jpg?id=27044803&width=999&height=526>

Slika 6: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/f/ff/Monkey\\_using\\_a\\_robotic\\_arm.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/f/ff/Monkey_using_a_robotic_arm.jpg)

Slika 4: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/4/49/LGN\\_Cat\\_Vision\\_Recording.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/4/49/LGN_Cat_Vision_Recording.jpg)

Slika 8: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fd/BrainGate.jpg/330px-BrainGate.jpg>

Slika 3: [https://miro.medium.com/max/1190/1\\*efnneHmQREORVpKP9Ku\\_IQ.png](https://miro.medium.com/max/1190/1*efnneHmQREORVpKP9Ku_IQ.png)

Slika 14: <https://www.mindtecestore.com/media/image/product/2295/lg/emotiv-epoc-x.webp>

Slika 15: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/8/83/EPOC\\_IGN.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/8/83/EPOC_IGN.jpg)

Slika 5: <https://assets.rbl.ms/25565775/origin.png>

Slika 2: <https://pbs.twimg.com/media/DdbElgnVAAAw2HE.jpg>

Slika 1: <https://i.pinimg.com/originals/83/d9/65/83d965491d0609d43ac5c62e4edae89c.gif>

Slika 11: [https://miro.medium.com/max/800/1\\*CpB4muNd3RTwSWiJ\\_FBWmA.png](https://miro.medium.com/max/800/1*CpB4muNd3RTwSWiJ_FBWmA.png)



Slika 13: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTAoVhSex-bnHg6uRFeQmeZg9-JKowgELKJUQ&usqp=CAU>

Slika 18: [https://www.uu.nl/sites/default/files/Picture4\\_1.png](https://www.uu.nl/sites/default/files/Picture4_1.png)

Slika 7: [https://miro.medium.com/max/1400/1\\*OUkYU6WHYViTwrRuvFDBeg.jpeg](https://miro.medium.com/max/1400/1*OUkYU6WHYViTwrRuvFDBeg.jpeg)

Slika 30: <https://media.glassdoor.com/sql/1686069/emotiv-squarelogo-1633600008660.png>

Slika 16: <https://uploadvr.com/wp-content/uploads/2016/05/brain.png>

Slika 9: <https://docplayer.es/docs-images/58/41959228/images/12-0.png>

Slika 10: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT9bh2I2aRtxhjhIVEtjooGRKE6iFPup-lyNw&usqp=CAU>

Slika 17: <https://pulptastic.com/wp-content/uploads/2022/01/gaslighting.jpg?ezimgfmt=ng%3Awebp%2Fngcb2%2Frs%3Adevice%2Frs2-1>

Ostale slike: lastne fotografije oz. posnetki zaslona

## IZJAVA\*

Mentor Boštjan Resinovič v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Možganski računalniški vmesnik katere avtorica je/so Ajaž Vreš in Filip Seničar

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 12.4. 2022



Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

\*

## POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.