

EEG registrering fra en teknologs ståsted

Hanne Opsahl Austad
Nevrofysiologitekniker
(sivilingeniør og sykepleier)

NFKNF Høstmøte, Lillestrøm 3. november 2021

Mål med presentasjon

- Litt mer forståelse for hvorfor man gjør som man gjør, og vite litt mer om hva som skjer når man «stiller på ting» i programmet. Hva betyr impedans, filtersettinger og støy for kvaliteten på registreringen.

Innhold

- Impedans
- Frekvenser og signaler
- Filter og hvordan filtrering påvirker signalet
- Støy og hvordan unngå det

Hva er impedans?

- Også kalt «vekselstrømmotstand»
- Frekvensavhengig motstand for strømledning
- For vår del, hvor lett går de elektriske signalene fra hjernen til elektroden.

Impedans - retningslinjer

Norsk forening for klinisk nevrofysiologi (2017).

«Impedansen bør **ikke overstige 10 kΩ**. Man bør se til at det er **relativt lik motstand** i alle elektroder.»

American Clinical Neurophysiology Society Guideline 1: Minimum Technical Requirements for Performing Clinical Electroencephalography (Sinha et al., 2016)

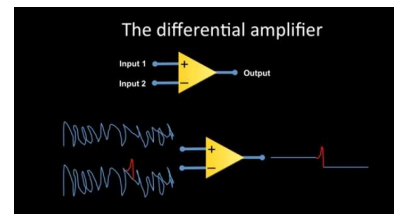
«Interelectrode impedances should be checked as a routine prerecording procedure. With modern digital EEG recording equipment, impedances up to 10 kOhms are acceptable but optimal recording still requires impedances that are balanced. Unbalanced impedances compromise the ability of an EEG amplifier to reject potentials that are the same at a pair of electrodes while amplifying those that are different (common mode rejection)..»

Artefakter på grunn av høy impedans

- Høy impedans kan i gi artefakter som «electrode pop», falske lave eller høye amplituder, tap av lav-frekvente komponenter *(Mathias & Bensalem-Owen, 2019)*

Forskjell i impedans - differensialforsterkeren

- I EEG ser man alltid på forskjeller mellom to signaler
- Støy (eller målinger) som er lik på to kanaler som sammenlignes nulles ut
- Ulik impedans kan gi ulik signal og støy inn til differensial forsterkeren.
- Under opptak er input 2 alltid REF elektroden og signalet som lagres er «elektrode – REF.»
- I ulike montasjer «nulles» REF ut.
- O2 – P4 i longitudinell montasje: $(O2 - REF) - (P4 - REF) = O2 - P4$



Oppsummert impedans

- Så lav som mulig (helst under 10 kOhm)
- Så lik som mulig
- Men alltid en kost nytte; hvor lang tid tar det å få jevn og lav impedans

Norsk forening for klinisk nevrofysiologi (2017) sier om nyfødte:

“I denne alderen vil barna ofte ha fet og ømfintlig hud som gjør det vanskelig å få senket elektrodeimpedansen. Man bør ha impedansen under 10 kOhm, men med moderne forsterkere vil man kunne få bra registreringer med 50kOhm hvis det ikke er for stor forskjell mellom kanalene.

Frekvenser i EEG

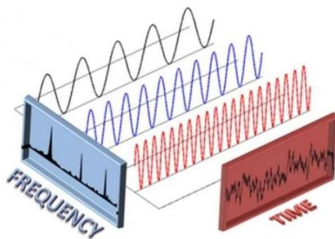
- Definert som interessante for EEG 0,1 - 70 Hz

(Norsk forening for klinisk nevrofysiologi, 2017) (Sinha et al., 2016)

Frekvens på rytmer i EEG

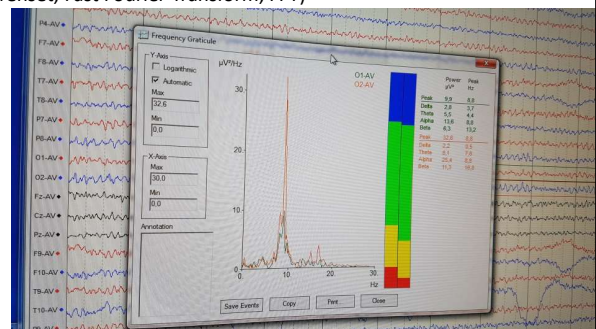
- Deltarytme 0 – < 4 Hz
- Thetarytme 4–7 Hz
- Alfarytme 8–13 Hz
- Betarytme >13–30 Hz

Signaler og frekvenser



- Alle signaler kan skrives som en sum av **sinusbølger** med ulike frekvens og amplitude
- Et regelmessig signal, f.eks. «trekantbølger» vil ha flere frekvenser enn «den du ser».

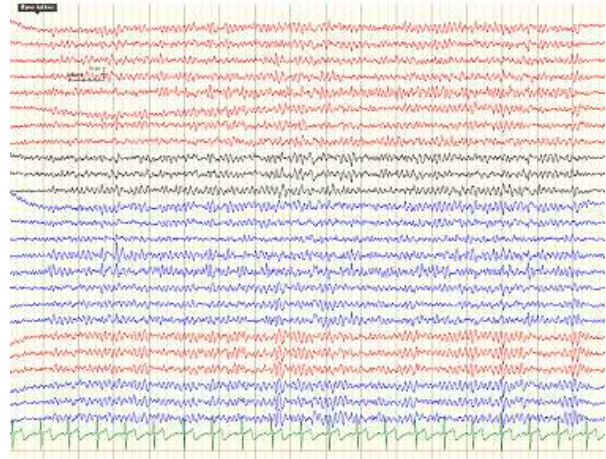
I signalbehandling beveger man seg mellom tidsdomenet og frekvensdomenet ved hjelp av fourieranalyser (Digitalt og tidsavgrenset, Fast Fourier Transform, FFT)



Eksempel på «sum av ulike frekvenser» i EEG

- Legens beskrivelse:

«Det bemerkes at det ved øyelukking, i tillegg til posteriore grunnrytmen, tilkommer thetarytmer rund 7 Hz med diffus utbredelse som gir kurven et generelt litt tilspisset preg.»

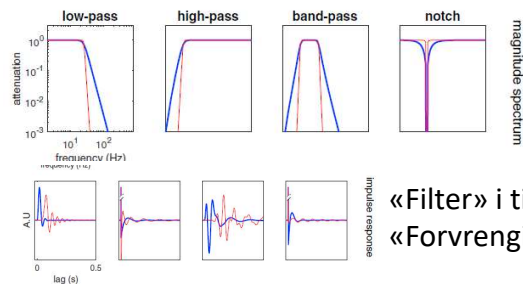


Frekvenser og filtrering

- Ulike filtre brukes til å ta vekk uønskede og forstyrrende frekvenser
- Videre skal jeg se litt på hvorfor man skal være litt kritisk til å filtrere for mye

ULIKE FILTER

- Lavpass filter (= high cut filter): Tar vekk høye frekvenser
- Høypass filter (= low cut filter): Tar vekk lave frekvenser
- Bandpassfilter: Slipper gjennom et frekvensområde, kombinasjon av høy-pass og lav-pass
- Bandstopppfilter = Notch filter: Tar vekk spesifikk frekvensområde



Filter i frekvensdomenet.
Filtrene er ikke «perfekte»,
dvs de kutter ikke «skarpt»

«Filter» i tidsdomenet
«Forvrenging» av signalet ved filtrering

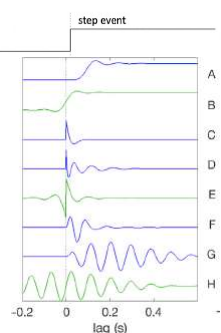
$$y(t) = \sum_{n=0}^N h(n)x(t-n)$$

Figur hentet fra de Cheveigné & Nelken (2019)



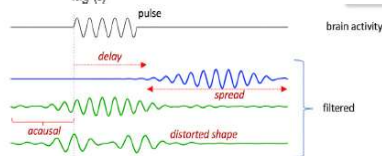
13

Filtrering og endring av signal



En step-event kan også beskrives som en sum av sinusbølger med ulike frekvenser

- A: Lav pass (high cut) filter, cutoff 10Hz (Butterworth orden 8)
- B: Som A men filtfilter (filterer «begge veier» for å unngå forsinkelse)
- C: Høy pass (low cut) filter, cutoff 10Hz (Butterworth orden 2)
- D: Samme som C men brattere (Butterworth orden 8)
- E: Samme som D men filtfilter
- F: Båndpass 10-20 Hz (Butterworth orden 2)
- G: Som F men 10-12 Hz
- H: Som G men filtfilter



Alfa – bølger

Båndpassfilter med forsinkelse og «ringing»
Båndpassfilter uten forsinkelse, starter «for tidlig»
Båndpassfilter med cutoff like under pulsfrekvensen

Eksempler hentet fra de Cheveigné & Nelken (2019)



14

Filtrering - retningslinjer

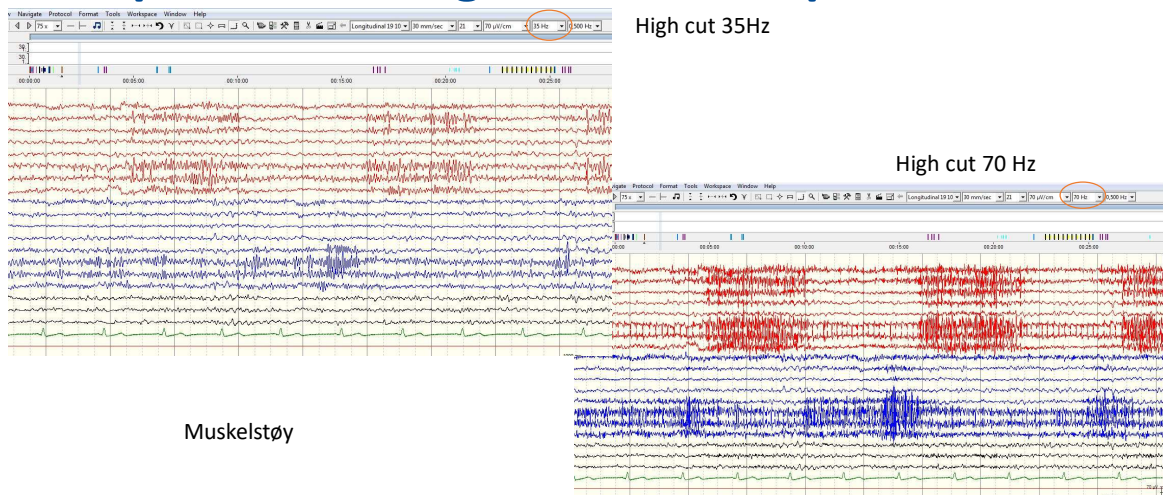
Norsk forening for klinisk nevrofysiologi (2017), i kapittel om elektrocebral inaktivitet

«Man bør registrere EEG med standard filter setting. Standard digitaliseringsfrekvens er 200 (256) per sekund. **Høyfrekvensfilteret skal da være 70 Hz.** Ved lesing av kurven kan man forandre filtrene, men det bør utvises forsiktighet for ikke å ta bort informasjon av betydning. 50-Hz "notch" filter kan brukes. Det anbefales vanligvis å beholde 70 Hz høyfrekvensfilter fordi det er lettere å identifisere EMG-artefakter. Det er svært sjelden nødvendig å filtrere mer aktivt enn 1-30 Hz.»

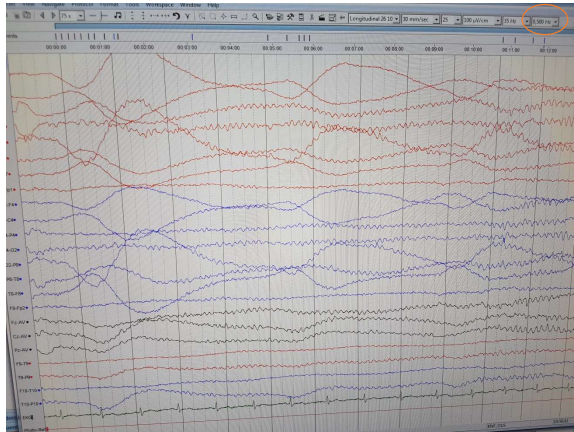
American Clinical Neurophysiology Society Guideline 1: Minimum Technical Requirements for Performing Clinical Electroencephalography (Sinha et al., 2016).

“Similarly, a setting lower than 70 Hz for the high-frequency filters can distort or attenuate spikes and other pathologic sharp features into unrecognizable forms and can cause muscle artifact to resemble spikes.”

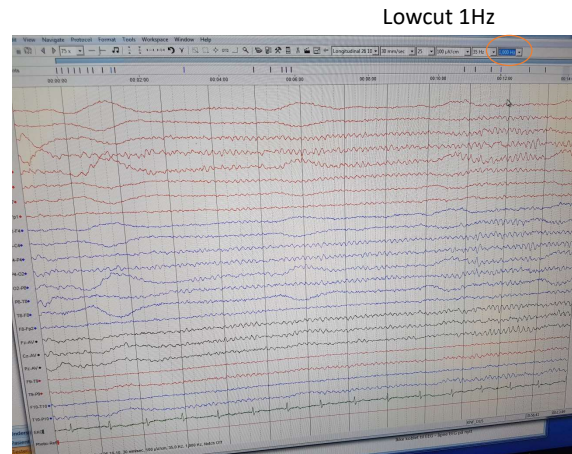
Lowpassfilter / high cut - eksempel



Highpassfilter / low cut - eksempel



Lowcut 0,5Hz Varmebølger, satt opp vinduet uten at det hjelper

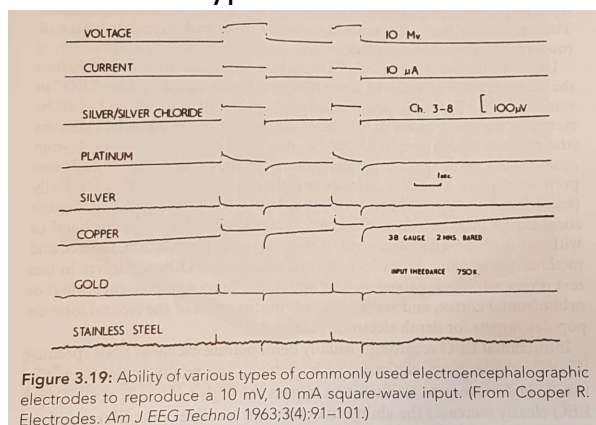


Lowcut 1Hz

FILTRERINGEN ER DIGITAL OG ENDRER IKKE PÅ RÅDATA SOM LAGRES

Elektroder som «filter»

- En grunn til hvorfor man ikke skal «blande» ulike elektrodetyper



Firkant-puls inn

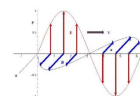
Ulike elektroder, ulik avlesning av firkantpuls

Oppsummert filter

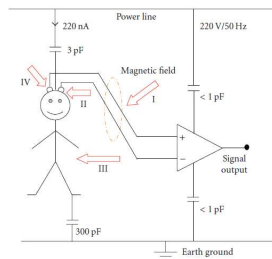
- Filtrering er veldig nyttig, men
 - Filtrering demper frekvenser i et område rundt cut-off
 - Filter forvrenger også signalet, og det er vanskelig å forutse hvordan filtrene forvrenger signalet
 - Lavpass (= high cut) filtrering kan påvirker spikes.

Nettstøy på EEG

- En av de viktigste kildene til støy på EEG signalet er strømnettet, dvs 50 Hz støy (*Usakli, 2010*).
- Nettstrømmen er vekselstrøm som gir varierende elektromagnetisk felter.
- De elektriske feltene er enklere å skjerme for enn de magnetiske feltene.
- Definert som interessante for EEG 0,1 - 70 Hz
(*Norsk forening for klinisk nevrofysiologi, 2017*) (*Sinha et al., 2016*)



Hvordan påvirker nettstrøm EEG



Figur hentet fra Usakli (2010)

Figuren viser hvor nettstøy påvirker EEG målingene
 I) Magnetfeltet på elektrodekabler i loop
 II, III og IV) Varierende elektrisk felt gir «Displacement current», som gir spenningsfall over elektroden

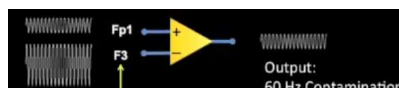
- Hvor tydelig nettstøyen blir avhenger av impedansen til elektroden, og forskjell i impedans mellom elektroder. (Sinha et al., 2016)

50 Hz støykansellering

- Alle elektrodene plukker opp nettstøy, men den kanselleres dersom impedansen er lik.



- Elektroder med høy impedans plukker opp mer støy og ulik impedans gjør kanselleringen av nettstøyen dårligere



USA 60Hz, Europa 50 Hz

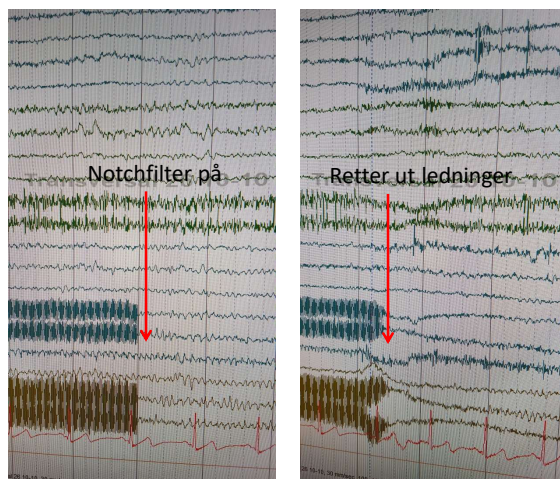
Illustrasjoner fra <https://www.youtube.com/watch?v=KrJaJDMBo54>

Påvirkning på ledningen

- Når vi beveger en magnet nær en spole blir det spenning i spolen.
- At det oppstår spenning i en spole når magnetfeltet endrer seg kalles induksjon. (Prinsippet bak induksjonsovner)
- Ved EEG er «magneten» magnetfeltet fra nettstrømmen og «spolen» er en løkke/sløyfe på ledningen → Å rette ut ledningene og unngå løkker kan gi mindre støy. (Magnetfelt vinkelrett på spole gir høyest spenning, d.v.s. kan oppleves som av og til et problem av og til ikke).
- Lengre ledninger kan også gi mere støy selv uten løkke.
- Er det nettstøy? Dersom Notch-filteret fjerner støyen er det sannsynligvis nettstøy



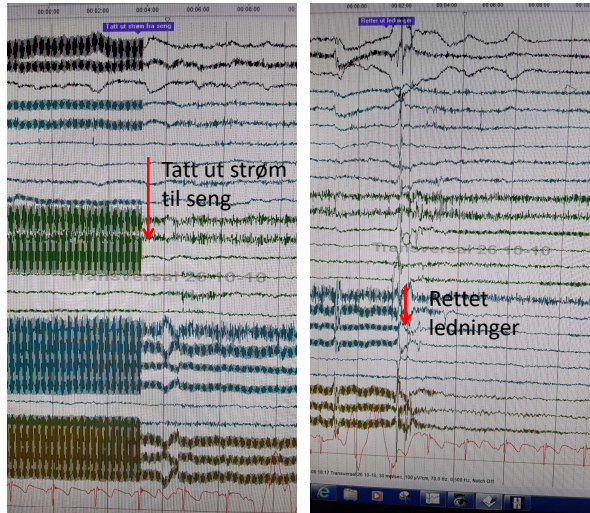
Eksempel – nettstøy ledninger



Venstre bilde:
Lavpassfilter 70Hz.
Med og uten Notch-filter.

Høyre bilde:
Lavpassfilter 70Hz
Uten Notchfilter
Rettet ut ledninger på
hodepute.

Eksempel – nettstøy seng



Venstre bilde:

Tatt ut ledningen til seng.

Høyre bilde:

Rettet ut ledninger

Begge bilder 70Hz lavpassfilter (high cut) og uten Notch.

Også: Ikke ledninger mot metall i senga

Avstand til støykilde

- Elektriske felter er avhengig av spenningen og uavhengig av strømmen som går, d.v.s. liten forskjell på om det trekkes strøm (er på) eller ikke. Magnetfeltet er avhengig av strømmen som går, d.v.s. apparater må være på. De elektriske feltene er enklere å skjerme for enn de magnetiske feltene, dvs hjelper ofte å slå av apparatet.
- Elektromagnetiske felter vil avta med avstand, med en faktor fra $1/r^2$ til $1/r^4$
- Dvs ved å doble avstanden til (f.eks. 0,3m til 0,6m) vil man reduser feltet med en faktor mellom 4 (2^2) og 16 (2^4).

Oppsummert nettstøy

- Fjern 50 Hz nettstøy om du kan
 - Lav impedans
 - Ta ut sengestrøm
 - Rett ut ledninger
 - Ikke ledninger mot metall i senga
- Om mulig, øk avstand til støykilden om den er veldig nærme

Mobiltelefoner og støy?

Er mobiltelefon/iPad et problem? Sannsynligvis ikke.

- Batteri = likestrøm, dvs ingen varierende felter
- Telefonnett (4G) > 450 MHz
- WiFi 2,4 GHz eller 5 GHz
- Bluetooth 2,4 GHz
- Jeg har funnet én case-rapport (Sethi, Sethi, & Torgovnick, 2006) på at en mobiltelefon i naborommet gir store artefakter og denne er referert i en nylig oppsummering om EEG artefakter (Mathias & Bensalem-Owen (2019), «Another important source of electromagnetic artifact is cell phones. The discharges can be repetitive sharp waves, or slow wave complexes, usually diffuse with a no physiologic distribution»). McKay & Tatum (2019) nevner også laptopper og mobiltelefoner uten nærmere begrunnelse. Antar dette ikke er et stort problem siden det ikke finnes særlig litteratur på det, jeg finner ingen teknisk forklaring og det er ikke nevnt i retningslinjer.



29

Referanser

- Beniczky, S., Duez, L., & Kjær, T. W. (2017). Basal EEG-teknologi. In E. Colding-Jørgensen & T. W. Kjær (Eds.), *Klinisk Neurofysiologi*. København: Munksgaard.
- de Cheveigné, A., & Nelken, I. (2019). Filters: When, Why, and How (Not) to Use Them. *Neuron*, 102(2), 280-293. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.02.039>
- Ebersole, J. S., Husain, A. M., & Nordli, D. R. J. (Eds.). (2014). *Current practice of clinical electroencephalography* (Fourth edition. ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer Health.
- Mathias, S. V., & Bensalem-Owen, M. (2019). Artifacts That Can Be Misinterpreted as Interictal Discharges. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 36(4).
- McKay, J. H., & Tatum, W. O. (2019). Artifact Mimicking Ictal Epileptiform Activity in EEG. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 36(4).
- Norsk forening for klinisk nevrofysiologi. (2017). *Elektroencephalografi hos voksne og barn (EEG)*. In Norsk forening for klinisk nevrofysiologi (Ed.), *Retningslinjer for metoder i KNF Norsk forening for klinisk nevrofysiologi*. Retrieved from <https://www.legeforeningen.no/foreningsledd/fagmed/norskforening-for-klinisk-nevrofysiologi/Faglige-ressurser/metoder-prosedyrer/retningslinjer-for-metoder-i-knf/>.
- Sethi, P. K., Sethi, N. K., & Torgovnick, J. (2006). Mobile phone artifact. *Clinical Neurophysiology*, 117(8), 1876-1878. doi:<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.05.001>
- Sinha, S. R., Sullivan, L. R., Sabau, D., Orta, D. S. J., Dombrowski, K. E., Halford, J. J., . . . Stecker, M. M. (2016). American Clinical Neurophysiology Society Guideline 1: Minimum Technical Requirements for Performing Clinical Electroencephalography. *The Neurodiagnostic Journal*, 56(4), 235-244. doi:10.1080/21646821.2016.1245527
- Usakli, A. B. (2010). Improvement of EEG Signal Acquisition: An Electrical Aspect for State of the Art of Front End. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2010, 630649. doi:10.1155/2010/630649

30