

Kandidatnummer: 10005, 10007 og 10015

Effekten av frekvenssenking, direksjonelle mikrofoner og kognitive ferdigheter på talegjenkjenning i støy

The Effect of Frequency Lowering, Directional
Microphones and Cognitive Performance on
Speech Recognition in Noise

Bacheloroppgave i Audiologi

Veileder: Sandhya Vinay

Mai 2023

Kandidatnummer: 10005, 10007 og 10015

Effekten av frekvenssenking, direksjonelle mikrofoner og kognitive ferdigheter på talegjenkjenning i støy

The Effect of Frequency Lowering, Directional
Microphones and Cognitive Performance on Speech
Recognition in Noise

Bacheloroppgave i Audiologi
Veileder: Sandhya Vinay
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for medisin og helsevitenskap
Institutt for nevromedisin og bevegelsesvitenskap



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Formål: Oppgaven har som formål å undersøke effekten av frekvenssenking, direksjonelle mikrofoner og kognitiv ytelse på talegjenkjenning i støy hos høreapparatbrukere med bilateralt sensorineuralt hørselstap.

Metode: Det ble utført en litteraturstudie for å besvare problemstillingen, hvor tolv fagfellevurderte artikler publisert mellom 2015 – 2023 ble inkludert. Resultatene ble kategorisert i følgende temaer: frekvenssenking, direksjonelle mikrofoner og kognitiv ytelse.

Resultater: Det ble funnet en korrelasjon mellom direksjonelle mikrofoner og kognitiv ytelse i forhold til talegjenkjenning i støy. Frekvenssenking viste varierende resultater på oppnådd effekt ved talegjenkjenning i støy; NFC og FC ga forbedringer hos flere individer, mens LFT og SEW ga lite eller ingen effekt. Resultater for direksjonelle mikrofoner viser til en bedring av talegjenkjennelse ved bruk av direksjonelle mikrofoner kontra uten, med en korrelasjon mellom bedring og økt direksjonalitet. Bruk av direksjonelle mikrofoner viser også til en minskning av lytteanstrengelse i støy. Kognitiv ytelse viste en rekke faktorer som hadde en innvirkning på talegjenkjenning i støy: arbeidsminnekapasitet, prosesseringsevne, oppmerksomhet og kognitiv svikt.

Konklusjon: I sin helhet viste alle temaene til å ha en effekt på talegjenkjenning i støy, men grad av effekt varierer.

Abstract

Objective: The purpose of this thesis is to examine the effect of frequency lowering, directional microphone and cognitive performance on speech recognition in noise in HA-users with bilateral sensorineural hearing loss.

Method: A literature study was conducted to investigate the research question. Twelve peer-reviewed articles published between 2015 – 2023 were included, with results categorised in the following themes: frequency lowering, directional microphones and cognitive performance.

Results: There was a correlation between directional microphone and cognitive performance in relation to speech recognition in noise. Frequency lowering showed varied results in its effect on speech recognition; NFC and FC showed improvements for some individuals, while LFT and SEW had limited or no effect. Results showed improved speech recognition with the use of directional microphone, with a correlation between improvement and increased directionality. The use of directional microphone also led to a decrease in listening effort in noise. Several factors within cognitive performance had an impact on speech recognition in noise: working memory capacity, cognitive processing, attention span, and cognitive impairment.

Conclusion: As a whole, all the themes had an effect on speech recognition in noise, though the degree of the effect varied.

Forkortelser

ADM – adaptive directional microphone / adaptiv direksjonell mikrofon

DM – directional microphone / direksjonell mikrofon

FC – frequency composition

FDM – fixed directional microphone / statisk direksjonell mikrofon

FL – frequency lowering / frekvenssenking

HA – hearing aid / høreapparat

HF – high frequency / høyfrekvent

LF – low frequency / lavfrekvent

LFT – linear frequency transposition / lineær frekvenstransponering

MI – mikrofon innstilling

NFC – nonlinear frequency compression / ikke-lineær frekvenskompresjon

NH – normal hearing / normalt hørende

OMNI – omnidirectional microphone / omnidireksjonell mikrofon

SEW – spectral envelope warping

SNHL – sensorineural hearing loss / sensorineuralt hørselstap

SNR – signal-to-noise ratio / signal-til-støy forhold

SRN – speech recognition in noise / talegjenkjenning i støy

WMC – working memory capacity / arbeidsminnekapasitet

Innholdsfortegnelse

1. Introduksjon.....	1
1.1. Talegjenkjenning.....	1
1.2. Frekvenssenking.....	2
1.2.1. Forklaring av frekvenssenkingsteknologier	3
1.2.2. Tidligere studier.....	4
1.2.3. Begrunnelse for tema: Frekvenssenking.....	5
1.3. Direksjonelle mikrofoner.....	5
1.3.1. Forklaring av ulike mikrofon innstillinger	6
1.3.2. Tidligere studier.....	6
1.3.3. Begrunnelse for tema: Direksjonelle mikrofoner.....	7
1.4. Kognitiv ytelse	7
1.4.1. Tidligere studier.....	8
1.4.2. Begrunnelse for tema: Kognitiv ytelse.....	9
2. Problemstilling.....	9
3. Metode	10
3.1. Kriterier for artikler	11
3.1.1. Fagfellevurdering	11
3.1.2. Publiseringstidspunkt	11
3.1.3. Deltakernes aldersrestriksjoner.....	11
3.1.4. Type hørselstap	11
3.2. Systematisk søkestrategi	12
3.2.1. Utvikling av søkefrase	12
3.2.2. Valgt søkefrase og databaser	13
3.2.3. Søkeresultater.....	14

3.3. Analyse og kvalitetssikring av artikler	15
3.4. Etikk og lover	16
4. Resultater og diskusjon	17
4.1. Frekvenssenking.....	19
4.1.1. Sammenligning av resultater.....	19
4.1.2. Alder på populasjon	20
4.1.3. Erfaringsnivå	21
4.1.4. Grad av hørselstap.....	22
4.1.5. Høreapparatmodeller	22
4.2. Direksjonelle mikrofoner.....	23
4.2.1. Sammenligning av resultater.....	24
4.2.2. Grad av hørselstap.....	24
4.2.3. Lytteforhold	25
4.2.4 Lytteanstrengelse.....	25
4.3. Kognitiv ytelse på talegjenkjenning i støy.....	26
4.3.1. Teknisk oppsett.....	26
4.3.2. Arbeidsminnet	27
4.3.3. Auditiv prosessering.....	28
4.3.4. Kognitiv svikt og utdanning.....	28
4.3.5. Kjønn.....	29
4.3.6. Auditiv trening og akklimatisering.....	29
5. Konklusjon.....	30
6. Begrensninger og videre forskning.....	31
7. Referanser	32
Vedlegg: Sammendrag av artikler	

1. Introduksjon

1.1. Talegjenkjenning

Dagligdagse lytteforhold og kommunikasjon er som regel preget av bakgrunnsstøy, noe som har stor innvirkning på taleoppfattelse. Normalt hørende (NH) håndterer disse situasjonene relativt bra, men hørselshemmede er utsatt for kommunikasjonsvansker spesielt i støyende omgivelser. Med bakgrunn i WHO's skala over hørselstap omhandler NH individer med høreterskler <20 dB (Humes, 2019). Hørselshemmede har større kommunikasjonsvansker da de på grunn av reduserte høreterskler sliter med å fange opp de nødvendige kontekstuelle kjennetegnene for å oppfatte tale. Hørselshemmede har behov for et bedre signal-til-støy forhold (SNR) enn NH (Dillon, 2012, s. 198).

Formålet til en audiograf er å opprettholde og/eller forbedre talegjenkjenningen til individer med hørselstap. Audiografer har en rekke forskjellige hjelpemidler og ressurser til sin disposisjon, der tildeling av høreapparat (HA) er det mest brukte hjelpemiddelet (Kim et al., 2020). Måling av talegjenkjenning i stillhet brukes klinisk for å vurdere nytteverdien av HA for individer, i tillegg til kartlegning av deres oppfattelse og gjenkjenning av tale. Selv om talegjenkjenning i stillhet er essensielt ved tilpassing av HA, viser det lite av utbyttet i dagligdagse omgivelser. Dette kan medføre urealistiske forventninger til bedring av brukerens lytteferdigheter. SRN gir et lydmiljø nærmere assosiert med HA-brukerens dagligdagse omgivelser. SRN vil derfor være en relevant prosedyre ved utredning av HA, for å kunne gi HA-brukere en mer realistisk forventning til dens realistiske potensiale.

Selv ved bruk av HA vedvarer kommunikasjonsvanskene i støyende omgivelser for individer med hørselstap. Individer med sensorineurale tap (SNHL) er i tillegg spesielt utsatt for redusert talegjenkjenning i støy (SRN) (Gelfand, 2016, s. 240). Det har blitt utviklet diverse HA-teknologier og hjelpemidler for å bedre HA-brukere sine kommunikasjonsvansker i støyende omgivelser. Dette inkluderer blant annet frekvenssenking (FL) og direksjonelle mikrofoner (DM), som er temaer for denne oppgaven. I tillegg til at ulike teknologier og hjelpemidler kan påvirke SRN, kan også

individuelle faktorer ha en påvirkning. I den aldrende befolkningen er hørselstap spesielt prevalent, og derfor er det interesse av å undersøke sammenhengen mellom kognitiv ytelse og SRN. Disse tre temaene: FL, DM og kognitiv ytelse, forklares og undersøkes videre i forhold til sin påvirkning på SRN for individer med bilateralt SNHL. Kun objektive faktorer for undersøkelse av temaene blir brukt i denne oppgaven.

1.2. Frekvenssenking

Fallende høyfrekvent (HF) SNHL er blant de vanligste konfigurasjonene av hørselstap for både voksne og barn (Margolis & Saly, 2008; Pittman & Stelmachowicz, 2003). Tilpasning av HA til denne brukergruppen er vanskelig på grunn av variasjon i høreterskler mellom de lave og høye frekvensene, som kan gjøre det vanskelig å gi tilstrekkelig med HF forsterkning. Det har blitt gjort forskning på forholdet mellom hørbarhet og talegjenkjenning som indikerer at amplifikasjon ved frekvenser med større enn moderate nedsatte terskler gir lite til ingen nytte i forhold til talegjenkjenning (Ching et al., 1998; Hogan & Turner, 1998). Dette har ført til utviklingen av ulike lydprosesseringsstrategier for å forsøke å presentere HF signaler ved lavere frekvenser, for å derved ta nytte av individets lavfrekvente (LF) hørsel. FL, fellesbetegnelsen for disse lydprosesseringsstrategiene, gjør det mulig for individer med HA å høre lyder ved frekvenser der høretersklene er for dårlig til at vanlig amplifikasjon hjelper. De siste tiårene har det vært mye utvikling innenfor FL, og utarbeidelse av flere metoder for å oppnå denne effekten (Simpson et al., 2005). Terminologien brukt ved omtalelse av FL varierer mellom HA-leverandører, der hver leverandør har sine egne FL-teknologier. FL-teknologiene brukt av *Widex*, *Phonak*, *Starkey* og *Oticon* er inkludert i denne oppgaven. *Widex* introduserte i 2006 lineær frekvenstransponering (LFT) gjennom sin *Audibility Extender*, *Phonak* introduserte ikke-lineær frekvenskompresjon (NFC) i 2008 gjennom *SoundRecover* og *Starkey* kom med spectral envelope warping (SEW) i 2012 med *Spectral iQ* (Alexander, 2013). *Oticon* kom med sin versjon av frequency composition (FC), *Speech Rescue*, i 2015 (Oticon, 2015).

1.2.1. Forklaring av frekvenssenkingsteknologier

Ved *Audibility Extender* (LFT) settes det en startfrekvens avhengig av brukerens hørselskonfigurasjon, og frekvensområdet informasjon hentes fra, «kilderegionen», begynner en halv oktav under startfrekvensen og strekker seg en oktav over (Alexander, 2013). LFT bruker en algoritme som kontinuerlig søker etter det spektrale toppunktet innenfor kilderegionen, filtrerer et oktavbredt bånd rundt det spektrale toppunktet, og deretter kopierer det ned en oktav (Alexander, 2013). I «målregionen», området signalene flyttes til, blandes de HF signalene med eventuell LF energi (Alexander, 2013). Denne metoden bevarer proporsjonene på lydsignalet som flyttes, samt signalene under startfrekvensen, men det blir overlapp mellom de HF signalene som flyttes og de LF signalene i området de flyttes til.

Spectral iQ (SEW) bruker en algoritme som ser etter spektrale former med karakteristikk av tale i kilderegionen og gjenskaper dem i målregionen på en måte som bevarer dens spektrale form og naturlige harmoniske natur (Alexander, 2013; Starkey Hearing, 2011). I likhet med LFC blandes de senkede signalene med de upåvirkede signalene.

Speech Rescue (FC) bruker en kilderegion med en ~ 3 kHz rekkevidde, posisjonert for å fange opp den mest nyttige HF informasjonen, men aldri posisjonert lavere enn 4 kHz (Oticon, 2015). Kilderegionen deles inn i 2 eller 3 segmenter som blir kopiert og lagt oppå hverandre over målregionen, som befinner seg på kanten av brukerens hørselsområde (Oticon, 2015). Dette bevarer proporsjonene til både de HF og LF signalene. Ved at en bred region med informasjon blir lagt i et tynnere område blir det mulig å ta nytte av en større mengde informasjon. Selv om signalene overlapper her også, reduserer den tynne målregionen sannsynligheten for at de ulike talesignalene maskerer hverandre. I tillegg, for en enkelttaler, har HF og LF tale en tendens til å være gjensidig utelukkende i mange situasjoner, som betyr at selv om kilderegionen legges over målregionen vil informasjon fra de to sjeldent overlape i tid (Oticon, 2015).

SoundRecover (NFC) har en justerbar startfrekvens mellom 1,5 kHz og 6 kHz, der området over startfrekvensen blir komprimert på en logaritmisk skala (Alexander, 2013). Førstegenerasjons produkter hadde bare frekvenskompresjon opp til 6,3 kHz og andregenerasjons produkter kunne komprimere et bånd på en bredde av 4,5 – 4,8 kHz, med begynnelse like under startfrekvensen, og hadde en øvre grense på 10 kHz (Alexander, 2013). Den siste generasjonen, fra 2011, kunne komprimere alle frekvenser fra startfrekvensen gjennom 10 kHz (Alexander, 2013). Med NFC er det ikke overlapping av frekvenser, men proporsjonene til frekvensene over startfrekvensen som blir påvirket.

1.2.2. Tidligere studier

Tidligere studier gjort på ulike FL-teknologier og påvirkning på talegjenkjenning har gitt en del blandete resultater. Glista et al. (2009) har vist positiv effekt på talegjenkjenning hos individer med moderat til alvorlig fallende hørselstap ved bruk av NFC, mens Simpson et al. (2005) viste til mer blandete resultater der bare noen fikk forbedring. Andre studier har generelt funnet lite fordeler (Simpson et al., 2006). Det var i tillegg forskjeller på om det var individer med moderate eller alvorlig tap som viste størst nytte av NFC (Glista et al., 2009; Simpson et al., 2006). Forskning på LFT har også gitt forskjellige resultater. Robinson et al. (2007) fant forbedringer hos enkelte individer, mens Robinson et al. (2009) ikke fant noen fordeler ved bruk av LFT. Simpson et al. (2018) sammenlignet NFC og LFT med konvensjonell prosessering i en review artikkel som inkluderte 20 studier. Denne artikkelen viste til at NFC og LFT hadde sammenlignbare resultater og forbedringer ved konsonantgjenkjenning, men at det ellers ikke var noen fordel ovenfor konvensjonell prosessering. Artikkelen viste også til at de som ikke fikk fordeler ved bruk av NFC eller LFT heller ikke tok noe skade av å prøve det. Studier som omhandler FC har ikke vist til noen fordeler ved talegjenkjennelse (Brennan et al., 2021; Kirby et al., 2017). Det ble ikke funnet noen studier som omhandlet SEW, den nyeste av teknologiene.

1.2.3. Begrunnelse for tema: Frekvenssenking

Det er ganske begrenset med litteratur innenfor effekten av FL på talegjenkjennelse, noe som sannsynligvis skyldes at disse teknologiene er relativt nye. Det meste av litteratur innenfor temaet omhandler NFC og LFT (Brennan et al., 2021; Kirby et al., 2017). Det er få artikler om effekten av FC på talegjenkjennelse, der Kirby et al. (2017) var den første som tok for seg dette. Av artiklene nevnt ovenfor brukte mange egne algoritmer for FL og ikke de som er kommersielt tilgjengelig gjennom HA-leverandører (Brennan et al., 2021; Robinson et al., 2007; Robinson et al., 2009; Simpson et al., 2005, 2006). Ved å ikke bruke kommersielt tilgjengelige algoritmer er funnene mer av nytte til utviklere av teknologien, fremfor audiografer og brukere. Blant artiklene var det mye bruk av vokal- og konsonantgjenkjenning, talegjenkjenning ved bruk av ord fremfor setninger, i tillegg til lite inkludering av tale i støy. Bruken av disse testmetodene gjenspeiler ikke hvordan FL påvirker talegjenkjennelse i vanlige lytteforhold. Det er også en mangel på studier som sammenligner metoder for FL. Simpson et al. (2018) er en av de få som sammenligner metoder for FL, men inkluderer bare to metoder. Med bakgrunn i disse manglene innenfor litteraturen er det valgt å se nærmere på FL.

1.3. Direksjonelle mikrofoner

Tildeling av HA har som mål å forbedre talegjenkjennelsen hos brukeren. Som nevnt har hørselshemmede behov for bedre SNR enn NH (Dillon, 2012, s. 198), og DM har konsekvent vist at de kan forbedre SNR (Bentler, 2005; Pumford et al., 2000). DM i HA kom på markedet på slutten av 1960-tallet, men det var ikke før på 1990-tallet at utviklingen av DM viste fremgang, som førte til utgivelsen av blant annet adaptiv- og frekvensspesifikk direksjonalitet, samt programmerbare polarmønstre (Bentler, 2005). Per dags dato finnes det flere ulike innstillinger for direksjonalitet. Tre ulike mikrofon innstillinger (MI) omhandles videre: Omnidireksjonell mikrofon (OMNI), statisk direksjonell mikrofon (FDM) og adaptiv direksjonell mikrofon (ADM). Innstillingene har hver sin funksjon og ulike situasjoner de er egnet for. Riktig innstilling av mikrofonene i HA er derfor vesentlig for at brukeren skal oppnå størst mulig nytte av tale i støyende omgivelser.

1.3.1. Forklaring av ulike mikrofon innstillinger

OMNI er, som forstavelen «omni-» tilsier, altomfattende og har ingen direksjonalitet. OMNI er derfor ikke en DM. Mikrofonen plukker opp all lyd, både tale og støy, uavhengig av lokalisasjonen av lyden. Bruken av OMNI bilateralt kan likevel skape noe direktivitet (Ricketts, 2001). OMNI er standardinnstillingen til HA, og selv om den er effektiv i å forbedre hørbarheten av tale og annen lyd, er den nokså ineffektiv i å forbedre vanskelige lytteforhold med redusert SNR (Ricketts, 2001). OMNI fungerer derfor best i stille omgivelser der det er aktuelt å fange opp all lyd.

ADM og FDM er begge teknologi innenfor DM. FDM er statisk, som vil si at direksjonaliteten eller polarmønsteret ikke endrer seg. FDM er vanligvis stilt inn slik at den fokuserer på lyd lokalisert fremfor HA-brukeren. Selve polarmønsteret eller omfanget i fokus varierer mellom HA (Ricketts, 2001). ADM er designet til å adaptivt bytte mellom polarmønstre i respons til lytteomgivelsene (Ricketts, 2001). Automatisk adaptiv direksjonell mikrofon (AADM) er en videreførelse av ADM. I tillegg til å bytte mellom direksjonelle polarmønstre, kan AADM også bytte mellom OMNI og ADM (Ricketts, 2001). ADM vil brukes for å omhandle både ADM og AADM videre.

1.3.2. Tidligere studier

Flere tidligere studier har vist til den positive effekten av DM på SRN (Compton-Conley et al., 2004; Hornsby & Ricketts, 2007; Picou et al., 2014; Ricketts & Henry, 2002; Ricketts & Mueller, 2000). Flere studier viser til en fordel selv ved talespektret-støy ved bruk av DM (Hornsby & Ricketts, 2007; Picou et al., 2014; Ricketts & Henry, 2002; Ricketts & Mueller, 2000). En retrospektiv studie viste til at det ikke var noen korrelasjon mellom konfigurasjonen på audiogrammet eller graden av HF hørselstap og nytten av DM (Ricketts & Mueller, 2000). Denne studien inkluderte ikke individer med mer alvorlig hørselstap da de var begrenset med tanke på styrken av HA tilgjengelig. Det har blitt gjort forskning på nytteverdien av DM i vanskelige lytteomgivelser hos individer med alvorlig til uttalt SNHL som har vist til små, men signifikante forbedringer i talegjenkjenning (Ricketts & Hornsby, 2006). De fleste studiene sammenligner OMNI med FDM, men det er noen

studier som sammenligner OMNI med ADM (Hornsby & Ricketts, 2007; Picou et al., 2014; Ricketts & Henry, 2002). Uavhengig viser studiene til økt nytteverdi på talegjenkjenning ved bruk av DM. Noen studier har sammenlignet OMNI, FDM og ADM (Picou et al., 2014; Ricketts & Henry, 2002). Picou et al. (2014) viste til en fordel ved bruk av FDM fremfor ADM på SRN. Ricketts og Henry (2002) undersøkte flere lytteforhold og fant en lignende eller større fordel ved bruk av ADM fremfor FDM, med unntak av lytteforhold der støy var presentert hovedsakelig bak deltakeren. Det har i tillegg blitt undersøkt effekten DM har på lytteanstrengelse (Hornsby, 2013; Picou et al., 2014). I disse studiene ble det ikke funnet at bruken av DM hadde noe effekt på lytteanstrengelse, hverken positiv eller negativ.

1.3.3. Begrunnelse for tema: Direksjonelle mikrofoner

DM og dens påvirkning på SRN undersøkes videre, da tidligere studier viste til dens innvirkning på HA-brukeres SRN (Compton-Conley et al., 2004; Hornsby & Ricketts, 2007; Picou et al., 2014; Ricketts & Henry, 2002; Ricketts & Mueller, 2000). Det kan være vanskelig å drøfte de ulike teknologiene da de er under konstant utvikling. Drøfting av teknologienes positive og negative aspekter ved SRN medføre bedre forståelse for bruk av DM ved tilpasning av HA. Type og grad av hørselstap er også satt i fokus da dette kan ha innvirkning på valg og bruk av MI.

1.4. Kognitiv ytelse

For å kunne gjenkjenne tale er god tilgang til flere kognitive ferdigheter nødvendig. Kognitive ferdigheter refererer til mentale prosesser som omhandler læring, tenking, problemløsning og beslutningstaking (Daneman & Carpenter, 1980; Souza et al., 2015). Prosesseringsevnen refererer til evnen til å behandle informasjon raskt og nøyaktig, og blir påvirket av individuelle- og miljø-faktorer, som alder, bakgrunnsstøy og oppmerksomhet (de Carvalho et al., 2017; Gelfand, 2016, s. 167; Mukari et al., 2020). Gjennom talegjenkjenningsprosessen sammenlignes den lagrede taleinformasjonen kontinuerlig med arbeidsminnet og langtidsmminnet (Mukari et al., 2020). Arbeidsminnet er evnen til å prosessere og lagre informasjon (Daneman & Carpenter, 1980). Svekket

prosesseringsevne kan derfor skape vansker i å skille tale fra støy, tolke komplekse lydstrukturer eller prosessere tale raskt nok til å kunne følge med i samtaler i støyende omgivelser.

Arbeidsminnekapasitet (WMC) er innenfor arbeidsminnet. Det er et kognitivt system som omfatter en individuell begrenset kapasitet, som gjør at et individ kan lagre og vedlikeholde informasjon samtidig som en utfører en oppgave (Daneman & Carpenter, 1980; Souza et al., 2015). Redusert WMC kan derfor føre til problemer med å holde på taleinformasjon og bearbeide den effektivt i støy, noe som uttrykker den kognitive belastningen som tale i støy påfører for hørselshemmede. Med godt fungerende WMC vil talegjenkjenningprosessen skje implisitt og uanstrengt i stillhet, og være mindre anstrengende i støygitte omgivelser (Mukari et al., 2020).

1.4.1. Tidligere studier

Tidligere studier har vist at individer med hørselstap kan oppleve utfordringer med taleforståelse i støyende situasjoner (Akeroyd, 2008; Larsby et al., 2008). Dette skyldes flere faktorer, inkludert svekkede kognitive ferdigheter, arbeidsminne og nedsatt auditiv prosesseringsevne (Pichora-Fuller, 2003; Salthouse, 1996). Flere studier har også vist tegn til større svekkelse av kognitiv evne hos hørselshemmede sammenlignet med NH (Akeroyd, 2008; Larsby et al., 2008; Souza et al., 2015). Dette kan inkludere svekkede oppmerksomhetsfunksjoner, problemløsningsevne og verbal bearbeidingsevne (Akeroyd, 2008; Daneman & Carpenter, 1980). De svekkede funksjonene er med på å påvirke talegjenkjenningsevnen i støyende omgivelser.

1.4.2. Begrunnelse for tema: Kognitiv ytelse

Det er valgt å se nærmere på HA-brukeres kognitive ytelse og se på dens påvirkning på SRN. Som tidligere nevnt er SRN en kompleks kognitiv oppgave som krever integrering av lydsignaler, oppmerksomhet, hukommelse og beslutningstaking (Daneman & Carpenter, 1980; Souza et al., 2015). Det er derfor av interesse å undersøke sammenhengen mellom kognitiv funksjon og talegjenkjenningsevne hos HA-brukere. For det andre kan kunnskap om individets kognitive styrker og begrensninger være med på å forbedre tilpasning og rehabiliteringsprosessen av HA (Akeroyd, 2008; Daneman & Carpenter, 1980). Videre kan kunnskap om kognitiv funksjon ha klinisk relevans for valg av høreapparattype og teknologiske funksjoner. Det er valgt å se nærmere på om kjønn, utdanning og akklimatisering har en innvirkning på den kognitive ytelsen ved SRN.

2. Problemstilling

Som tidligere nevnt er støyende omgivelser spesielt utfordrende for individer med SNHL (Gelfand, 2016, s. 240). Det er derfor ønskelig å utforske forskjellige faktorer som kan forbedre taleforståelse i støygitte omgivelser for disse hørselshemmede. Det er valgt å undersøke tre hovedaspekter for taleforståelse i dette litteraturstudiet: FL, DM og kognitive ytelse. Litteraturgjennomgangen på disse temaene viser behovet for mer klarhet i nytteverdiene av de forskjellige aspektene, og hva som påvirker dem.

For å videre utforske påvirkningen av disse faktorene på SRN omgivelser er følgende problemstilling utviklet:

«Hvordan påvirker frekvenssenking, direksjonelle mikrofoner og kognitive ferdigheter talegjenkjenning i støy hos høreapparatbrukere med bilateralt sensorineuralt hørselstap?»

3. Metode

Forskningsmetodikk refererer til det systematiske rammeverket som brukes til å samle, analysere og tolke data (Williams, 2011). En litteraturstudie innebærer å søke, analysere og tolke publisert litteratur om et spesifikt tema for å besvare en problemstilling (Aveyard, 2014, s. 2; Denney & Tewksbury, 2013). Det å gjennomføre en litteraturstudie kan være verdifullt på flere måter. For det første gir det en mulighet til å se likheter og ulikheter som eksisterer på tvers av litteraturen, så områder og faktorer kan identifiseres og begrunnes (Aveyard, 2014, s. 6). For det andre kan det gi nye perspektiver og kunnskap fra eksisterende forskningsmateriell. Metodikken kan finne områder med manglende forskning og være med på å understreke behovet for ytterligere forskning (Befring, 2015, s. 86). Det kan derfor argumenteres for en helhetlig begrunnelse på tvers av studier ved behandlingsvalg for pasienter (Aveyard, 2014, s. 6; Pati & Lorusso, 2018). Dette kan være vanskeligere å oppnå gjennom en kvalitativ eller kvantitativ studie, som ikke nødvendigvis vil inkludere en kritisk vurdering av hva som er gjort på forskningsfeltet tidligere. Det er derfor viktig å være kildekritisk da kvaliteten på kilder kan variere i en litteraturstudie.

En annen grunn til at litteraturstudier kan være verdifulle er gjennom dens tilgang til kunnskapen den gir yrkesutøvere. Det kan være vanskelig for en yrkesutøver innenfor for eksempel helsefag å selv skulle gjennomgå publisert faglitteratur for å holde seg oppdatert på enkelte sykdommer/tilstander eller behandlingsalternativer (Aveyard, 2014, s. 4; Booth et al., 2016, s. 277). Forskningslitteraturen presenteres på en oppsummert måte for yrkesutøverne, slik at de lettere kan holde seg faglig oppdatert innen deres fagfelt på en mer oversiktlig og tidsbesparende måte (Aveyard, 2014, s. 4; Booth et al., 2016, s. 277; Denney & Tewksbury, 2013).

3.1. Kriterier for artikler

3.1.1. Fagfellevurdering

Det er satt som et krav at artiklene må være fagfellevurderte. Dette er en måte å forsikre at artiklene inkludert er av høy kvalitet, ved at fagfellevurderte artikler må gjennomgå en vurderingsprosess før de kan bli publisert. Fagfellevurderte artikler må vurderes av redaktøren til den aktuelle journalen, for å videre vurderes og godkjennes av eksperter innenfor artikkelens fagfelt, før den deretter kan bli satt som fagfellevurdert (Paltridge, 2017, s. 22).

3.1.2. Publiseringstidspunkt

Det er valgt å bare inkludere artikler publisert mellom 2015 – 2023. Det første heldigitale HA var kommersielt tilgjengelig i 1996 (Levitt, 2007). Siden da har det skjedd fortløpende utvikling innenfor HA-teknologi, og det er da viktig å inkludere så oppdaterte artikler som mulig.

3.1.3. Deltakernes aldersrestriksjoner

Deltakerne skal være over 18 år, da det ikke er ønsket å sammenligne resultater mellom voksne og barn. I tillegg er ikke barn ferdig kognitivt utviklet, som kan gi upålitelige resultater. Det er ikke satt noe øvre aldersrestriksjoner for deltakere, da det har vært ønskelig å se om alder eller kognitiv svikt er en påvirkende faktor på SRN.

3.1.4. Type hørselstap

Deltakerne skal ha et bilateralt SNHL. Kravet ble satt grunnet tidligere erfaring av at individer med unilateralt hørselstap kan få tilstrekkelig med lyd via det NH-øret, som vil påvirke testresultater og føre til upålitelige og misvisende resultater. Det er besluttet å ekskludere artikler som tar for seg pasienter med medfødte hørselstap eller andre dokumenterte underliggende helsetilstander som kan medføre hørselstap, for å utelukke feilkilder. Medfødte hørselstap kan oppstå på grunnlag av en feil eller skade under fosterets utvikling, som kan medføre svekket kognitiv utvikling.

3.2. Systematisk søkestrategi

3.2.1. Utvikling av søkefrase

PICO ble brukt for å identifisere en effektiv søkefrase. PICO står for Problem/Population, Intervention, Comparison, Outcome (Booth, 2006, s. 362). Ved å anvende PICO, blir det enklere å beskrive formålet med problemstillingen og finne nødvendig informasjon (Miller & Forrest, 2001).

- P – Problem/Populasjon, poengterer oppgavens problem eller undersøkelsesgruppe.
- I – Innblanding/Intervensjon, fremhever interessepunktene for problemet eller gruppen.
- C –Sammenligning/Comparison, ved sammenligning av en eller flere punkter i problemstillingen skal det inn her.
- O–Utfall/Outcome, endepunkt eller ønsket utfall som undersøkes.

Det ønskes å svare på hvordan FL, DM og kognitive ferdigheter påvirker SRN hos HA-brukere med bilateralt SNHL. Ved bruk av PICO vil dette bli: P - HA-brukere med bilateralt SNHL, I - effekten av FL, DM og kognitive ferdigheter, C - ikke relevant og O - påvirkning av SRN.

Stikkordene nevnt ovenfor ble brukt til å utvikle en passende søkefrase for problemstillingen i håp om å redusere antall irrelevante resultater i databasene. I PICO-modellen ble sammenligningsdelen (C) ikke ansett som relevant for dette studiet. Hvis C-delen skulle inkluderes i PICO-modellen, ville «med/uten» blitt brukt for å finne studier som sammenligner resultater med og uten bruk av for eksempel støy ved taletester. Dette ble ansett som mindre hensiktsmessig for å øke relevansen av søkeresultatene. Dersom en sammenligner støyen med et annet tiltak, ville det vært hensiktsmessig å inkludere sammenligningsdelen (C) i PICO-modellen for å identifisere navnet på det andre tiltaket.

3.2.2. Valgt søkefrase og databaser

PICO ga følgende søkefrase:

(“bilateral hearing loss” ELLER “bilateral hearing aid) OG (“directional microphone” ELLER “microphone” ELLER “frequency lowering” ELLER “compression” ELLER “cognitive processing” ELLER “working memory” ELLER “cognitive function”) OG (“benefit” ELLER “outcome” ELLER “improve”) OG (“speech discrimination” ELLER “speech recognition” ELLER “Speech”)

Oria ble brukt som søkemotor, og søkefrasen måtte modifiseres da den ble for spesifikk og resulterte i utelatelse av relevante artikler. Derfor ble søkefrasen som representerer «O» i PICO og søkegruppen ekskludert etter gjennomgang av full søkefrase. «O» innebærer søkeordene «benefit», «outcome» og «improve». En del av nøkkelordene ble fjernet, samt inklusjon av «noise», for å gjøre søkefrasen enklere samtidig som den var relevant til alle temaene. Søkefrasen ble simplifisert ytterligere til:

(“hearing aid”) OG (“noise”) OG (“speech discrimination” ELLER “speech recognition”)

Ved bruk av denne søkefrasen ble 10 av de 12 artiklene funnet. Det ble ikke funnet tilstrekkelig med artikler om DM. Derfor ble det brukt en ny søkefrase for å gjøre et supplerende søk. Denne søkefrasen tok utgangspunkt i den originale PICO-søkefrasen, men igjen simplifisert. Søkefrasen brukt for å finne de siste 2 artiklene inkludert om DM var:

(“bilateral hearing loss” ELLER “bilateral hearing aid”) OG (“microphone”) OG (“speech”)

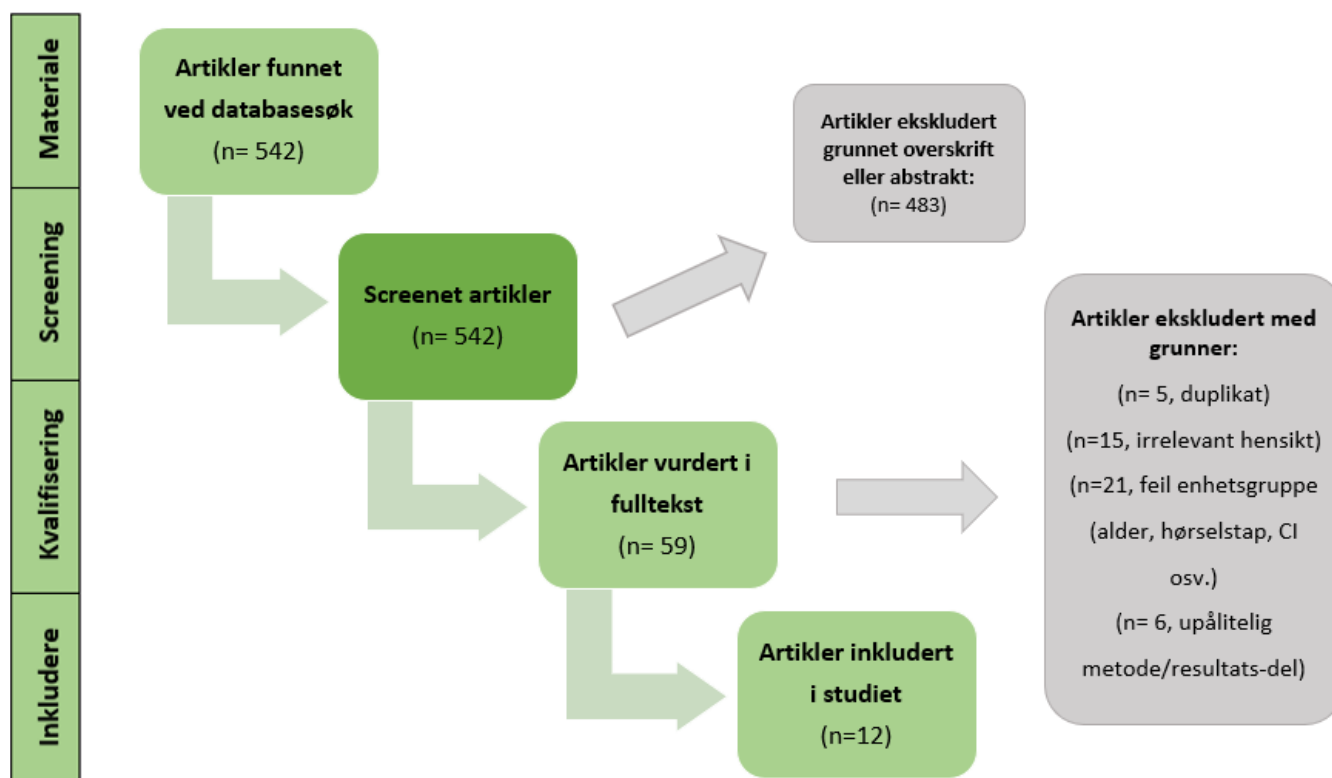
Det ble gjennomført et supplerende søk for å undersøke om artikler kan ha blitt oversett eller utelatt i databasen Google Scholar. Gjennom inkluderingen av flere databaser og supplerende søk reduseres sjansen for utelukkelse av relevante artikler som passer inkluderingskriteriene. Ingen relevante artikler funnet, noe som kan skyldes begrensede forskningsartikler omhandlende problemstillingen. I databasesøkene ble det valgt å vise

resultater fra perioden 2015 – 2023 og filtrert til å kun vise de engelske fagfellevurderte artiklene. Enkelte forskningsartikler som fylte inkluderingskriteriene ble utelukket grunnet metodiske svakheter i studiet. Dette innebærer svekket dokumentasjon av metode og konklusjon, samt dokumentasjon og drøfting av resultater.

3.2.3. Søkeresultater

Figur 1 viser oversikt over søkeprosessen. Oversikten viser antall artikler som ble screenet og gjennomgått i fulltekst, i tillegg til bakgrunnen for ekskludering for de artiklene som ble vurdert i fulltekst. Resultater og diskusjon av Kokx-Ryan et al. (2015) og Goyette et al. (2018) tar bare for seg *Experiment 1*.

Figur 1. Søkeoversikt, viser antall funn av artikler i databasesøk inklusive ekskluderingsgrunnlag av artikler vurdert i fulltekst.



3.3. Analyse og kvalitetssikring av artikler

For å kvalitetssikre de inkluderte artiklene så er god validitet og reliabilitet essensielt (Booth et al., 2016, s. 151). Artiklene skal derfor fremtre som troverdig (reliabel) og pålitelig, slik at resultatene er relevante og gyldige (valid) (Jacobsen, 2022, s. 17). Dette innebærer god drøfting med bruk av sterke pålitelige kilder og ingen bias eller selektivt utvalg av deltakere. Booth et al. (2016, s. 153) forklarer at skjevhet/bias i en studie kan oppstå når en velger ut deltakere, bruker upålitelige målemetoder eller analyserer data på en måte som fører til feilaktige eller misvisende konklusjoner. I en litteraturstudie kan bias også oppstå når en bevisst velger forskningsmateriale som støtter ens ønskede konklusjoner, og forkaster materiale som går imot dem.

I denne litteraturstudien er validitet og reliabilitet ivaretatt slik at resultater, tolkning og analyse ikke er påvirket av egen bias. For å forsikre at dette ivaretas er det satt fokus på å ikke la egne forutsetninger, fordommer og forventninger influere arbeidsprosessen. Alle relevante artikler er inkludert uavhengig av deres resultater. Det har blitt gjort en innsats for å tolke og analysere resultatene i hver enkel artikkel på en så objektiv måte som mulig. Dette betyr at individuelle preferanser og følelser ikke skal påvirke den endelige konklusjonen som presenteres i denne litteraturstudien.

De enkelte inkluderte artiklene i studien er vurdert på validitet, og viser nokså god validitet, da de fyller inkluderingskriteriene som er satt og viser relevant informasjon og resultater for problemstillingen. Ingen av artiklene viser validerte svakheter i deres metodikkdel. Validitet er også sterkt tilknyttet generalisering, som innebærer hvordan resultatene framtrer som relevante og representative for gruppen i studiet (Booth et al., 2016, s. 142).

Reliabilitet handler om hvor pålitelige og stabile resultater, observasjoner og målinger fra en studie er over tid (Befring, 2015, s. 53; Grønmo, 2004, s. 222; Taherdoost, 2016, s. 33). Hvis en studie er reliabel, betyr det at resultatene vil være gjenkjennelige og konsistente hvis de blir gjentatt eller undersøkt av andre forskere på et senere tidspunkt.

God reliabilitet innebærer også grundig dokumentering av valg, vurderinger og fremgangsmåte som er gjort gjennom arbeidsprosessen (Befring, 2015, s. 56). Reliabilitet er viktig for å sikre at resultatene er konsekvente og kan brukes som grunnlag for videre forskning eller beslutninger. Dette innebærer at tester og eksperimenter under de samme forholdene gir samme resultater ved re-testing (Carmines & Zeller, 1979, s. 11). Reliabiliteten i dette litteraturstudiet er ivaretatt ved grundig dokumentasjon av inkluderingskriteriene, søkefrase og database for de inkluderte artiklene. Dette ble utført for å utelukke metodiske svakheter. Alle inkluderte artikler er vurdert til å ha tilfredsstillende reliabilitet etter grundig gjennomgang av studienes metode- og diskusjons-del.

3.4. Etikk og lover

Ved gjennomføring av forskningsprosjekter skal det tas hensyn til prinsipper, lover og normer som regulerer de forskningsetiske forholdene. Ifølge Forskningsetikkloven skal all forskning og rapportering i Norge følge de forskningsetiske normene (Forskningsetikkloven, 2017, §1 – 4). Etikken innebærer her skikker angående plagiat, forfalskning og lignende. Loven pålegger ansvaret for følge av normene i forskningen til forskerne (Forskningsetikkloven, 2017, §4). Videre er Helseforskningsloven med på å fremme forsvarlig etisk forskning innen medisin og helsefag (Helseforskningsloven, 2008, § 1). Forskningsprosjekter innen helsefag og medisin er derfor pålagt å følge bestemmelser i både Helseforskningsloven (2008) og Forskningsetikkloven (2017). En litteraturstudie skal derfor ta hensyn til Helseforskningsloven (2008), som forplikter at forskning skal gjennomføres på en ansvarsbevisst måte, der vitenskapelige og etiske forhold ivaretas. I tillegg skal en litteraturstudie fylle kravene satt om anerkjente forskningsetiske normer omtalt i Forskningsetikkloven (2017, § 4). En utfordring her er manglende utdypning av hva de etiske forholdene og normene innebærer.

Forskning hevder at litteraturstudier kan møte fire forskningsetiske problemstillinger (Vergnes et al., 2010). Det ble funnet at kun to av de fire etiske problemstillingene var relevant for dette litteraturstudiet. Den første problemstillingen var om bias og

interessekonflikt, som ble nevnt tidligere i metodikkdel omhandlende validitet (Booth et al., 2016, s. 153). Et tydelig brudd på forskningsetikk er bevisst utelukkning av studier eller forvrenging av resultater. For å forhindre slike uetiske handlinger så beskrives søke- og utvelgelsesprosessen grundig i dette studiet. Den andre etiske problemstillingen omhandlet vitende eller uvitende inkludering av forskningsartikler som inneholder etisk uforsvarlighet (Vergnes et al., 2010, s. 771). Det ble forsøkt å forhindre slik inkludering i studiet ved å grundig gjennomgå forskningsartiklenes metodikk og opplysninger om etiske forhold og interessekonflikter.

4. Resultater og diskusjon

Tabell 1 viser en fullstendig oversikt av artiklene, og inkluderer forfatter, metode, hensikt og resultat. Tabellen er organisert alfabetisk etter tema, og inkluderer bare informasjon som er aktuell for denne oppgaven. Sammendrag av artiklene er presentert i Vedlegg 1. Artiklene blir videre sammenlignet og diskutert med utgangspunkt i deres resultater for å forsøke å gi et svar på problemstillingen. Ulikheter mellom artiklene, slik som blant annet forskjeller i testmetoder og populasjon, blir tatt i betraktning under analysen og diskusjonen.

Tabell 1: Litteraturoversikt over inkluderte artikler med oppsummering av deres metode, hensikt og resultat.

	Nr	Forfattere	Metode	Hensikt	Resultat
Frekvenssenking	1.	Ellis & Munro (2015).	Deltakere: 12 erfarne HA brukere, 65 – 84 år (gj. snitt 75,5 år). HA: <i>Phonak Naida V SP</i> . FL: NFC.	Undersøke om NFC i HA gir ytterligere fordeler enn det som kan gis ved konvensjonell forsterkning.	Gjennomsnittresultater for alle taletestene var betydelig bedre ved NFC. Konsonantgjenkjenning forbedret seg over tid.
	2.	Kara et al. (2022).	Deltakere: 132 nye HA brukere, 42 – 87 år (gj. Snitt 64 år). HA: <i>Phonak Naida V70</i> , <i>Widex D-FS 220</i> og <i>Oticon Dynamo SP4</i> . FL: NFC, LFT og FC.	Undersøkte hvordan 3 ulike metoder for FL kan påvirke taleforståelse i støyende omgivelser.	FL førte til bedre SRN. NFC og FC viste signifikant bedring på av talegjenkjenning, med ingen signifikant forskjell mellom dem. LFT viste ikke forbedring i talegjenkjenning.
	3.	Kokx-Ryan et al. (2015).	Deltakere: 26 deltakere - 13 erfarne HA brukere, 13 nye HA brukere. 37 – 92 år (gj. Snitt 68,3 år) HA: <i>Phonak Naida V UP</i> FL: NFC	Eksperiment 1: Undersøke om kommersielt tilgjengelig NFC gir fordeler, slik som forbedret SRN.	Resultatene viste ikke til noe samlet forbedring ved bruk av NFC sammenlignet med uten. Enkelte individer fikk noe nytte av NFC. Det var en korrelasjon mellom alder og nytte, der eldre brukere (≥65 år) fikk mer nytte av NFC.
	4.	Miller et al. (2016).	Deltakere: 10 erfarne HA brukere, 63 – 82 år (gj. snitt 70,9 år). HA: <i>Phonak Ambra</i> , <i>Widex Mind 440</i> og <i>Starkey 3 Series i110</i> . FL: NFC, LFT, SEW.	Undersøke hvordan FL påvirker taleopptattelse i støy for voksne HA brukere.	FL ga ingen forbedringer i resultater. NFC ga liknende resultater med og uten. LFT og SEW ga dårligere resultater enn uten.
Direksjonelle mikrofoner	5.	Desjardins, J. L. (2016).	Deltakere: 15 erfarne HA brukere, 54 – 78 år (gj. snitt 65,4 år). MI: OMNI og FDM.	Undersøke den individuelle og kombinerte effekten av DM og støyreduksjonsbehandling i HA på lytteanstrengelse hos eldre med hørselstap.	FDM ga redusert lytteanstrengelse i støyende omgivelser, samt forbedret talegjenkjenning.
	6.	Goyette et al. (2018).	Deltakere: 10 deltakere med SNHL (8 erfarne HA-brukere, 2 nye HA-brukere) (gj. snitt 57 år) og 10 NH deltakere (gj. snitt 31 år). MI: OMNI, FDM, FDM > 2 kHz og FDM > 900 Hz.	Undersøke hvordan forandring av mikrofonenes retningsspesifisitet påvirker brukernes lyttepreferanse og ytelse for tale-i-støy.	SRN bedret seg med økt retningsspesifisitet. Forskjeller i gjennomsnittlig SNR-50 ved FDM og FDM>900Hz var ikke signifikant.
	7.	Kamal et al. (2023).	Deltakere: 40 erfarne HA-brukere (gj. snitt 36,95 år) og 20 deltakere i kontroll gruppen (gj. snitt 31,8 år). MI: OMNI, FDM og AADM	Sammenligne resultater av OMNI, FDM og AADM ved forskjellige lytteforhold med <i>Arabic HINT</i> .	SRN bedret seg med økt retningsspesifisitet. AADM ga best resultater ved støy lokalisert 0° asimut. Ingen signifikant mellom FDM og AADM ved støy lokalisert 90° asimut og 270° asimut.
	8.	Picou & Ricketts (2017).	Deltakere: 18 deltakere med SNHL (erfaring med HA ukjent) (gj. snitt 61,8 år), MI: OMNI, FDM og asymmetrisk (OMNI/FDM)	Evaluere effekten ved bruk av retningsmikrofon for HA brukere.	Forbedret talegjenkjenning med FDM og asymmetrisk enn ved OMNI, men ingen signifikant forskjell mellom FDM og asymmetrisk.
Kognitiv ytelse	9.	De Carvalho et al. (2017).	25 deltakere (9 menn, 16 kvinner), 60 – 85 år, Alle deltakere har brukt HA i minst 3 måneder.	Å evaluere påvirkningen av kognitiv ytelse, depressive symptomer og utdannelse på SRN hos eldre HA-brukere.	De fant signifikante resultater som påpekte sammenheng mellom SNR og kognitiv ytelse. Det ble også funnet korrelasjon mellom SNR og utdannelse, der høyere utdannelse gir lavere SNR.
	10.	Mukari et al. (2020).	Deltakere: 72, 60-82 år. Normal til mildt hørselstap. Halvparten av deltagerne hadde normal hørsel, og den andre halvparten hadde et mildt hørselstap.	Å undersøke hvordan auditive funksjoner og kognitiv status påvirker talegjenkjenning i stillhet og i støy.	Deltagere med diskant tap hadde større problemer med å forstå tale i samtalenivå. Studiet viste ingen sterke assosiasjoner mellom taleopptattelse i stillhet og i støy.
	11.	Yumba (2022).	Deltakere: 196, fra 33 til 80 år (gj. snitt alder 61,10 år). Alle deltagerne har et mildt til moderat SNHL, og hadde brukt HA i mer enn 1 år.	Undersøke påvirkningen av WMC på evnen til å gjenkjenne tale i støy for erfarne HA-brukere ved hjelp av ny-støyreduksjon innstillinger, og undersøke om kjønn påvirker hørselsfølsomhet og evne til å gjenkjenne forsterket tale i støy.	Kvinnelige lyttere viste betydelig bedre talegjenkjenningsevne enn mannlige lyttere på Hagerman-testen med støy reduksjon, men ikke ved lineær forsterkning uten støy reduksjon.
	12.	Yumba (2017).	Deltakere: 194, mellom 33-80 år. Det ble gjennomført reaksjonstesten Lexical decision speed test (LDT), Semantic word-pair Span test og The Hagerman test.	Undersøke forholdet mellom kognitive evner og individuelle lytteres respons på digitale signalbehandlingsinnstillinger under ugunstige lytteforhold.	kognitiv prosesseringshastighet ble funnet signifikant i påvirkningen av taleforståelighet i støy, uavhengig av signalbehandlingsalgoritmer. Det var en sterk assosiasjon mellom kognitiv prosesseringshastighet, støy reduksjonsutfall og hurtigvirkende kompresjonsutfall.

4.1. Frekvenssenking

Artiklene til Ellis og Munro (2015), Kara et al. (2022), Kokx-Ryan et al. (2015) og Miller et al. (2016) tar alle for seg effekten av FL på HA-brukere sin evne til SRN, hos individer med fallende bilateralt SNHL. Alle studiene brukte de samme HA-leverandørene, men ulike modeller, til testing av de ulike FL teknologiene. Ingen av studiene tok i bruk de samme testene for måling av SRN, men felles for alle var at de brukte setninger i taleformet støy. Bruken av samme HA-leverandører og lignende testmetoder gjør resultatene mer sammenlignbare. Ellis og Munro (2015) og Kokx-Ryan et al. (2015) undersøkte i tillegg påvirkningen av FL på konsonantgjenkjenning i støy, her også med ulike metoder. Konsonantgjenkjenning er relevant for talegjenkjenning da det sier noe om individets evne til å skille mellom lignende ord i en setning. Konsonantgjenkjenning fokuserer på et spesifikk aspekt innenfor talegjenkjenning som gjør det mulig å analysere deltakerens feil og forvirring i noe detalj (Gelfand, 2016, s. 237).

4.1.1. Sammenligning av resultater

Det var blandete resultater mellom studiene på nytteverdien til FL på SRN. Ved vurdering av NFC viser Ellis og Munro (2015) og Kara et al. (2022) til en signifikant økning av SRN ved bruk av NFC kontra uten. Kokx-Ryan et al. (2015) og Miller et al. (2016) viser ikke til noen forbedringer på talegjenkjenning ved bruk av NFC, men viser heller ikke til noen negative effekter på talegjenkjenning ved bruk av NFC. Ved konsonantgjenkjenning har NFC en samlet sett positiv effekt i studien til Ellis og Munro (2015) med en betydelig forbedring av riktig identifisering og minskning av forvirring mellom konsonanter. I studien til Kokx-Ryan et al. (2015) var det samlet sett ikke noe effekt av NFC på konsonantgjenkjenning, men det var noen individer som fikk en fordel ved bruk av NFC.

Både Kara et al. (2022) og Miller et al. (2016) vurderte nytteeffekten av LFT på SRN. Her samsvarte resultatene mer mellom studiene, da begge viste til at det ikke var noe betydelig forbedring av talegjenkjenning ved bruk av LFT. Miller et al. (2016) viste derimot til at bruk av LFT kan redusere talegjenkjenning. Studien undersøkte også effekten SEW hadde på talegjenkjenning, og her ble det funnet liknende resultater som ved LFT: det var

ikke noen betydelige forbedringer ved bruk av SEW, og det kunne forårsake forverret talegjenkjenning. De dårlige resultatene ved bruk av LFT og SEW, som ikke ble funnet ved NFC, kan være forårsaket av overlapping av høye og lave frekvenser. Dette støttes ved at Miller et al. (2016) også nevner at dette kan være en faktor for deres dårlige resultater ved bruk av LFT og SEW. Kara et al. (2022) så på effekten av FC, og her kunne effekten sammenlignes med den funnet ved bruk av NFC i samme studie, med en betydelig forbedring av talegjenkjenning. FC bruker også overlappende frekvenser, men en mulig grunn til at det her ble funnet forbedringer kan være den smale målregionen som brukes i FC, som skal hindre sannsynligheten for maskering av ulike talesignal. Disse resultatene peker mot at NFC og FC kan gi noe nytte ved tale i støy, mens LFT og SEW ikke gjør det, og kan i noen tilfeller forverre talegjenkjenning.

4.1.2. Alder på populasjon

Alderen av populasjonen i studiene varierte. Ellis og Munro (2015) og Miller et al. (2016) hadde kun eldre deltakere i sine. Kara et al. (2022) og Kokx-Ryan et al. (2015) hadde mer varierte populasjoner med aldere som henholdsvis varierte fra 42 – 87 år og 37 – 92 år. Kokx-Ryan et al. (2015) var den eneste studien av de fire som undersøkte om det var noe korrelasjon mellom alder og nytte av FL, og fant at eldre deltakere (≥ 65 år) fikk betydelig mer nytte av FL enn yngre deltakere. Grunnen til dette er uvisst, og med tanke på kognitiv ytelse ville det gitt mer mening om resultatene viste det motsatte, da yngre individer ofte har bedre kognitive ferdigheter enn eldre. Individer ≥ 61 år kan oppleve svekket auditiv prosessering som følge av aldersrelatert endringer av det sentrale nervesystemet (Tye-Murray, 2018, s. 314). Kara et al. (2022) viste også tegn til at eldre deltakere fikk mer nytte av FL, men har dessverre ikke noen individuelle resultater for å vurdere om det er noe korrelasjon. En korrelasjon mellom økt alder og nytte av FL kan være en årsak til at Ellis og Munro (2015), som bare hadde deltakere ≥ 65 år, fikk nesten utelukkende forbedrete resultater blant sine deltakere. I kontrast til Ellis og Munro (2015) fikk Miller et al. (2016), som også hadde en utelukkende eldre populasjon, ingen forbedrete resultater ved bruk av FL, som bestrider teorien om at det er en korrelasjon mellom økt alder og nytte av FL.

Det kan likevel være andre faktorer som påvirker disse resultatene, som for eksempel erfaringsnivå, grad av SNHL og HA-modeller.

4.1.3. Erfaringsnivå

Det var også en del forskjeller i deltakernes HA- og FL-erfaring, samt om studiene hadde tilvenningsperioder før testbatteriet ble utført. Hverken Kara et al. (2022) eller Miller et al. (2016) hadde tilvenningsperioder før gjennomføring, og deltakerne i førstnevnte var nye HA-brukere, mens de i sistnevnte var erfarne HA-brukere. En del av deltakerne i Miller et al. (2016) hadde i tillegg tidligere erfaring med enkelte FL-teknologier. Det er vanskelig å vurdere effekten av HA-erfaring og tilvenning i Kara et al. (2022) da det var mangel på oppfølging av deltakerne over lengre tid. Selv om det var mangler på oppfølging viste resultatene likevel til at deltakerne fikk nytte av FL, som kan indikere at hverken HA-erfaring eller tilvenning er nødvendig. Liten effekt av HA-erfaring samsvarer med resultatene til Miller et al. (2016), da de ikke fikk noe betydelig bedring ved bruk av FL. I tillegg kan studien vise til at det er liten effekt av tilvenning ettersom deltakerne som allerede hadde erfaring med FL ikke viste forskjell i resultater ved bruk av teknologien de var vant til kontra teknologi de ikke var vant til. Deltakerne brukte derimot andre HA-modeller under testing enn det de var vant med, noe som kan ha påvirket resultatene. Ellis og Munro (2015) og Kokx-Ryan et al. (2015) undersøkte den mulige effekten av HA-erfaring og akklimatisering i sine studier, der førstnevnte hadde erfarne HA-brukere, mens det var halvparten erfarne og halvparten nye HA-brukere hos sistnevnte. Begge studiene utførte testbatteriet rett etter aktivering av FL og etter en bruksperiode på henholdsvis 6 uker og 3-5 uker. Studiene fant ingen signifikant bedring i resultater over tid, med unntak av konsonantgjenkjenning, og heller ikke noe forskjell mellom nye og erfarne brukere (Ellis & Munro, 2015; Kokx-Ryan et al., 2015). Med utgangspunkt i denne informasjonen skyldes forskjeller i resultater mellom studier derfor sannsynligvis ikke forskjeller i akklimatisering eller erfaringsnivå av deltakerne. Akklimatiseringsperiodene brukt i studiene er relativt korte, og det kan tenkes at det med lengere akklimatiseringsperioder kan øke nytteverdien av FL.

4.1.4. Grad av hørselstap

Tidligere studier har sett på hvordan graden av HF hørselstap kan påvirke nytten av FL på talegjenkjenning med motsigende resultater (Glista et al., 2009). En studie fant at individer med mer alvorlig tap har større nytte av FL (Glista et al., 2009), mens det i en annen ble konkludert med at de med mindre alvorlige tap fikk mer nytte (Simpson et al., 2006). Ingen av studiene inkludert ser spesifikt på dette, som gjør det vanskelig å vurdere. Ut ifra informasjonen gitt i studiene stemmer resultatene til Ellis og Munro (2015) og Miller et al. (2016) med at de med mer alvorlig tap har større nytte av FL, da førstnevnte har mer alvorlig tap og signifikant forbedrete resultater, mens sistnevnte har mindre alvorlige tap og ingen signifikante forbedringer ved bruk av FL. Kara et al. (2022) og Kokx-Ryan et al. (2015), derimot, har resultater som tilsier det motsatte, og dermed samsvarer med påstanden om at individer med mindre alvorlige tap har mer nytte av FL. Disse motsigende resultatene gjør det umulig å trekke noen konklusjoner om effekten av graden av hørselstap på nytten av FL, og tyder på at det heller er andre individuelle forskjeller som har større effekt på nytten av FL.

4.1.5. Høreapparatmodeller

Noe som muligens kan ha en betydelig effekt på resultatene mellom studiene er forskjellene i HA-modeller ved NFC og LFT. Både Kara et al. (2022) og Miller et al. (2016) bruker eldre modeller i sin studie i forhold til publiseringsdatoen til studiet, som er bemerkningsverdig med tanke på den fortløpende utviklingen av HA-teknologi. Ellis og Munro (2015) og Kokx-Ryan et al. (2015), som begge ble publisert før Miller et al. (2016), bruker nyere og mer oppdaterte HA. Kara et al. (2022) bruker samme generasjon HA som Ellis og Munro (2015) og Kokx-Ryan et al. (2015) ved evaluering av NFC. De bruker alle *Phonak Naida V*-modeller, som gjør at disse studiene er mer sammenlignbare. HA utvikler seg fortløpende, med stadig introduksjon av nyere, mer avanserte HA med forbedret ytelse og funksjoner (Levitt, 2007). Dette vil derfor si at studiene til Ellis og Munro (2015), Kara et al. (2022) og Kokx-Ryan et al. (2015) gir mer relevante resultater da de bruker nyere teknologi. Det vil i tillegg til generelt bedre HA, gjelde forbedringer i FL-teknologi mellom eldre og nyere modeller. Som nevnt tidligere har *SoundRecover*, NFC-teknologien

til *Phonak* utviklet og forbedret seg siden den først ble introdusert (Alexander, 2013). *Phonak Ambra*, brukt i studien til Miller et al. (2016), bruker 1. generasjons *SoundRecover*, mens *Phonak Naida V* bruker den nyere *SoundRecover2* (Phonak, u.å.-a, u.å.-b). Som følge av dette kan funnene til Miller et al. (2016), angående nytten av FL på SRN, vurderes som utdatert per dags dato, og dermed lite gjeldende, grunnet den eldre teknologien som blir brukt. To av de tre studiene som tar i bruk nyere teknologi oppnår generell bedring ved bruk, som kan indikere at FL har en mer positiv effekt på SRN enn antydnet. Likevel er det mulig at FL-teknologiene har utviklet seg ytterligere og at teknologien brukt i studiene til Ellis og Munro (2015), Kara et al. (2022) og Kokx-Ryan et al. (2015) også er mindre relevant i dag. Det trengs videre forskning med nyere HA for å kunne vurdere nytteverdien av FL videre. Enkelte studier har vist at bruk av DM kan bedre taleoppfattelsen hos HA-brukere (Desjardins, J. L., 2016; Goyette et al., 2018; Kamal et al., 2023). Kombinert bruk av FL-teknologier og DM kan eventuelt medføre bedre nytte av FL-teknologier, men dette er det lite forskning rundt.

4.2. Direksjonelle mikrofoner

Desjardins (2016), Goyette et al. (2018), Kamal et al. (2023) og Picou og Ricketts (2017) undersøker påvirkningen forskjellig mikrofon-direksjonalitet i HA har på SRN, hos individer med varierende grad av bilateralt SNHL. Studiene brukte ulike testmetoder for måling av talegjenkjenning, men de har til felles at de brukte setninger i talespektret støy. Alle deltakere fikk tildelt og tilpasset HA for studiene, der det var variasjon i modeller mellom studier, men samme modell innad i studiene. Studiene inkluderte evaluering av OMNI og FDM, der Goyette et al. (2018) i tillegg vurderte FDM > 900 Hz og FDM > 2 kHz, Kamal et al. (2023) vurderte ADM og Picou og Ricketts (2017) vurderte asymmetrisk MI med OMNI og FDM.

4.2.1. Sammenligning av resultater

Det var generelt samsvarende resultater mellom studiene ved evaluering av påvirkningen forskjellig mikrofon-direksjonalitet i HA har på SRN. Alle studiene viste til økt forbedring ved tale i støy ved økt direksjonalitet. Desjardins, J. L. (2016), som bare undersøkte FDM og OMNI, viste til en ~ 30% bedring med FDM i forhold til OMNI i støy. Goyette et al. (2018) viser til at FDM og FDM > 900 Hz har signifikant bedring av SNR-50 sammenlignet med OMNI og FDM > 2 kHz, men at det ikke er noe signifikant forskjell mellom FDM og FDM > 900 Hz. Dette tyder på at økt retningsbestemmelse bare øker talegjenkjenning fram til et visst punkt med tanke på inklusjon av lavere frekvenser. Picou og Ricketts (2017) viser til signifikant bedring med FDM og asymmetrisk, men ingen signifikant forskjell mellom disse innstillingene. Dette indikerer at nytteverdien av FDM er begrenset til ett HA, der det gir liten nytte å ha FDM bilateralt. Kamal et al. (2023) finner best resultater ved bruk av ADM så lenge støyen og signalet er samlokalisert foran HA-brukeren, men viser at ved adskilt støy og signal, der signalet er presentert foran, så er det ingen signifikant forskjell mellom ADM og FDM. Resultatene til Kamal et al. (2023) viser til relevansen av lytteforhold ved vurdering av fordelene mellom ulike MI.

4.2.2. Grad av hørselstap

Grad av hørselstap har en påvirkning på hvor stor effekt direksjonalitet har på forbedring av SNR-50. Goyette et al. (2018) vurderer deltakere med mildt til moderat SNHL, Desjardins, J. L. (2016) har tatt for seg deltakere med mildt til alvorlig SNHL, mens deltakerne i studiene til Kamal et al. (2023) og Picou og Ricketts (2017) har moderat til alvorlig SNHL. Goyette et al. (2018) fant at effekten av PTA varierte mellom MI; det var minst effekt av PTA ved FDM og FDM > 900 Hz, og en økning av effekt med FDM > 2 kHz og OMNI, der effekten av PTA var størst ved OMNI. Dette viser til en økning av SNR-50 ved økning av PTA, med større økning med mindre direksjonell MI. Dette vil si at valg mellom MI har større betydning ved mer alvorlig SNHL ettersom forskjellen i effekt av ulike MI er større enn hos individer med mindre alvorlig SNHL. Økt direksjonalitet er derfor viktigere ved økende SNHL. Kamal et al. (2023) og Picou og Ricketts (2017) støtter dette ved å vise at med økende grad av SNHL er det behov for større bedringer av SNR, som økende direksjonalitet bidrar til.

4.2.3. Lytteforhold

Ved testing av talegjenkjenning brukte alle studiene lytteforhold med adskilt signal og støy, der signalet ble presentert fra en høyttaler direkte foran deltakeren. Plassering av høyttalerne for støy var jevnt fordelt rundt deltakeren i alle studiene med unntak av Kamal et al. (2023), som hadde presentasjon av støy ved 90° og 270° asimut. Kamal et al. (2023) inkluderte også vurdering av effekten av ulik MI på talegjenkjenning med samlokalisert signal og støy. Det at økt retningsbestemmelse ga økt talegjenkjenning ved alle disse lytteforholdene viser til fordelene med retningsbestemmelse i de fleste, om ikke alle, støyende omgivelser. Kamal et al. (2023) viser at ADM kan ha en fordel ovenfor FDM i visse situasjoner, slik som ved samlokalisert støy, og stiller likt med FDM ved andre omstendigheter. Dette indikerer at ADM kan være alternativet med størst forbedring på SRN, men grunnet manglende studier omhandlende ADM, kan det ikke trekkes noen konklusjoner på fordelene av ADM fremfor FDM. Studien tar også bare for seg lytteforhold der signalet blir presentert direkte foran HA-brukeren. Det er mulig det er forskjeller mellom ulik MI i situasjoner der signalet kommer fra en annen retning, der mulige forskjeller mellom ADM og FDM, samt FDM og asymmetrisk, kanskje kan være relevant å utforske ved videre forskning.

4.2.4 Lytteanstrengelse

Lytteanstrengelse er noe som også blir påvirket av DM. Både Desjardins, J. L. (2016) og Picou og Ricketts (2017) ser nærmere på dette ved bruk av objektive metoder. Begge studiene fant signifikant reduksjon av lytteanstrengelse i bakgrunnsstøy ved bruk av DM kontra OMNI. Dette viser til den positive effekten til DM i bakgrunnsstøy ikke bare hjelper på talegjenkjenning, men også gjør det mindre anstrengende å høre i disse settingene. Dette støttes videre opp ved at deltakere viste til betydelig mer anstrengelse ved tale i støy enn i stillhet, men at det ikke var noe signifikant forskjell på lytteanstrengelse med OMNI i stillhet og FDM i støy (Desjardins, 2016). Dette vil si at DM reduserer lytteanstrengelse i bakgrunnsstøy såpass at det er sammenlignbart med å lytte i stille omgivelser. Redusert lytteanstrengelse ved bruk av DM i støy kan også tyde på en korrelasjon mellom DM og kognitiv ytelse.

4.3. Kognitiv ytelse på talegjenkjenning i støy

Det er fire artikler som undersøker kognisjonsstatus for taleforståelse i støy og hvordan talegjenkjenning påvirkes av ulike kognitive faktorer; de Carvalho et al. (2017), Mukari et al. (2020), Yumba (2017) og Yumba (2022). Talegjenkjenning krever en rekke komplekse kognitive ferdigheter som inkluderert: oppmerksomhet, arbeidsminne, språkprosessering og persepsjon. Disse faktorene spiller en avgjørende rolle for å kunne forstå tale i støyende omgivelser.

4.3.1. Teknisk oppsett

Før det ble sett nærmere på studiene omhandlende kognitiv ytelse ble deres tekniske oppsett vurdert, der ble det funnet både forskjeller og likheter. En av likhetene er at taletestene ble utført i tilnærmet like omgivelser, der begge brukte lydtette rom (de Carvalho et al., 2017; Mukari et al., 2020; Yumba, 2017; Yumba, 2022). Likheten oppstår da et rom som er lydtett skaper et pålitelig miljø for nøyaktige målinger, da det er med på å hindre eksterne forstyrrelser.

Studiene delte flere likheter over deltakernes grad av hørselstap, alder og enkelte hørselstester. Mukari et al., 2020 var det eneste studiet som hadde deltakere med normalt til mildt hørselstap, istedenfor mildt til moderat hørselstap som de andre studiene (de Carvalho et al., 2017; Yumba, 2017; Yumba, 2022). Forskjellen kommer fra studiets hensikt som omhandler kognitiv reduksjon hos eldre. De har derfor strengere hørselskrav for å utelukke hørselstapets påvirkning på kognitive funksjoner. Alderen på deltakerne varierer noe. Yumba (2017) og Yumba (2020) inkluderer yngre deltakere i sine studier, men de har også satt en maks alder på 80 år. De Carvalho et al. (2017) og Mukari et al. (2020) har satt krav om at deltakerne skal være 60 år eller eldre, og de har ikke satt krav om deltakernes maks alder. Selv om alderen mellom deltakerne var noe ulik var aldersnittet nokså likt, og det ga ingen signifikante forskjeller som korrelerte mellom studienes aldersforskjeller.

Det er noe vansker med å sammenligne studiene da enkelte studier bruker forskjellig talestimuli og støysignal. Et eksempel på dette er at de Carvalho et al. (2017) bruker talespektrums støy og Mukari et al. (2020) bruker steady-state støy. Det er likheter mellom både talesignalet, støysignalet og flere av testene utført i Yumba (2017) og Yumba (2022). Grunnen til studienes likhet kan skyldes at de har samme leder av studie og forskningen ble utført i kort tid etter hverandre. Dette kan være med på å styrke studiene da testene blir utført i samme miljø og av samme individ, til tross for at dette kan medføre større sjanser for egen bias, mangel på overseelse av feilkilder eller fjusk i studiene. Det ble det ikke observert noen tegn på uetiske eller forfalskede resultater i studiene.

4.3.2. Arbeidsminnet

En av faktorene som påvirker taleforståelse i støy, er arbeidsminnet og dets kapasitet. Individer med større WMC har en tendens til å være bedre til å filtrere ut støy og fokusere på viktig informasjon. Yumba (2022) viste at samspillet mellom WMC og ytelsesnivå lå på 50% og 80% i SRN, der 50% ytelse er for lyttere med dårlig WMC og 80% er for de med større WMC. I samsvar med dette har flere studier vist til en assosiasjon mellom tale og arbeidsminne (Ng et al., 2013; Yumba, 2017). Dette funnet er med på styrke påvirkningen arbeidsminnet har på talegjenkjenning og understreker viktigheten i å se på HA-brukernes kognitive ytelse ved vurdering av utbytte av HA.

Forskning påstår at arbeidsminne er en kjernefaktor i ytelsen av SRN, og mer essensiell for et godt utgangspunkt enn støytypen brukt (Yumba, 2022). Dette kan stemme da enkelte studier viser at ved bruk av støyreduksjon var ikke støyeffekten signifikant (Ng et al., 2013). Grunnen til dette kan være støyreduksjonens effektivitet til å redusere maskeringseffekten av støy. Dette kan styrkes da flere studier viser til viktigheten mellom tale i støy og arbeidsminne ved støy reduksjon (Ng et al., 2013; Yumba, 2017; Yumba, 2022). Dette er med på å indikere at lyttere med bedre arbeidsminne presterer bedre ved

talegjenkjenning av ord presentert med støyreduksjon, enn ord presentert med andre eller ingen støyreduserende algoritmer.

4.3.3. Auditiv prosessering

Auditiv prosessering er en annen kognitiv faktor som påvirker SRN. Flere studier viser til viktigheten av auditiv prosessering og dens bidrag til signifikante variabler innen tale i støy (Mukari et al., 2020; Yumba, 2017). Dette indikerer at desto raskere en kan behandle informasjon, jo bedre kan de filtrere ut tale i støy. Som tidligere nevnt kan prosesseringsevnen bli påvirket av en rekke individuelle- og miljø-faktorer (de Carvalho et al., 2017; Mukari et al., 2020). Det er derfor fra et audiografs perspektiv viktig å vurdere individets tretthet og evne til å holde oppmerksomheten da dette er ekstremt viktig ved audiologiske tester for å få gode og konkrete resultater. I sum viser flere studier at auditiv prosessering er en viktig faktor når det kommer til SRN, sammen med oppmerksomhet, for å kunne bidra til god filtrering av støy (de Carvalho et al., 2017; Mukari et al., 2020; Yumba, 2017).

4.3.4. Kognitiv svikt og utdanning

Demens og Alzheimers kan også være en faktor som påvirker talegjenkjenning. De Carvalho et al. (2017) viste at ved større skår på *Alzheimer's Disease Assessment Scale* (ADAS-Cog) økte gjennomsnittet for SNR med 0,15 dB. Dette indikerer at bedre kognitive ferdigheter har en positiv effekt på SRN, mens depressive symptomer har en negativ effekt. Dette korrelerer med flere studier som viser at SRN er en oppgave som krever en rekke kognitive ferdigheter, slik som evnen til å holde oppmerksomheten og tilgang til minne (Anderson et al., 2013; Gates et al., 2008). Det kan skje da funksjon i det sentrale auditive nervesystem og kognitiv funksjon naturlig reduseres sammen med aldring (Syka, 2002). Talegjenkjenning er kognitivt belastende da lytteren må identifisere talesignalet som er forvrengt av støy, og søke informasjon om tale i minnet. Det kan derfor konkluderes med at tale i støy er påvirket av lytterens kognitive tilstand. Dette er med på å binde aspektene med DM, FL og kognitiv ytelse sammen, da faktorene spiller en essensiell rolle ved SRN.

Grad av utdanning kan skape en varians i kognitiv ytelse. Det er funnet at SNR-forholdet ble redusert med 0,40 dB for hvert år med utdanning (de Carvalho et al., 2017). Denne faktoren kan dessverre ikke konkluderes eller vurderes da det er mangel på forskning på dette området. Det er derfor behov for videre studier og forskning på hvordan utdanning påvirker kognitive ferdigheter og funksjoner.

4.3.5. Kjønn

Det er kun en av de inkluderte artiklene som undersøker kognitive forskjeller mellom kjønnene; Yumba (2022). De fant at kvinnelige HA-brukere har bedre taleforståelsesevne enn mannlige HA-brukere ved bruk av lineær forsterkning med støyreduksjon (Yumba, 2022). Derimot viste mannlige HA-brukerne bedre taleforståelse hvis HA ikke hadde støyreduksjon (Yumba, 2022). Grunnen til at dette forekommer er uklart, da det er begrenset med forskning som ser på påvirkningen kjønn har på taleforståelsen i støy. Mer forskning er derfor nødvendig før en konklusjon kan bli tatt.

4.3.6. Auditiv trening og akklimatisering

Akklimatisering og auditiv trening kan være nyttig for individer som tilvenner seg HA, spesielt for å forbedre kognitiv funksjon. Flere studier er enige i at auditiv trening og akklimatisering kan ha en innvirkning på taleoppfattelsen til HA-brukere (Mukari et al., 2020; Yumba, 2017). Yumba (2017) påpekte at ved lengre akklimatisering og opplæring vil resultatene omhandlende arbeidsminnet forandre seg. Dette styrkes da flere forskningsartikler har vist at auditiv trening kan forbedre kognitive funksjoner, som arbeidsminne og oppmerksomhet, hos individer med hørselstap som bruker HA (Anderson et al., 2013; Ferguson et al., 2014). Ferguson et al. (2014) fant at auditiv trening kan bidra til å forbedre talegjenkjenningsevnen, spesielt i støygitte omgivelser. Grunnen til bedring skyldes hjernens tilvenningstid og evne til å tilpasse seg nye lytemiljøer (Willott, 1996). Samlet sett kan akklimatisering og auditiv trening være viktige verktøy for å hjelpe individer med hørselstap å tilvenne seg HA og forbedre kognitiv funksjon.

5. Konklusjon

I sin helhet viste resultater at FL, DM og kognitiv ytelse påvirket SRN hos HA-brukere med bilateralt SNHL i ulik grad. Det er vanskelig å si noe definitivt om nytteverdien av FL på SRN, men analysen av studiene i denne oppgaven tyder på at NFC og FC kan ha en positiv effekt hos noen individer. Akklimatisering viste ingen effekt på nytteverdien av FL, men studienes akklimatiseringsperioder var begrenset. Lengre akklimatiseringsperioder kan føre til forandrede resultater. Studiene som tok i bruk den nyeste FL teknologien viste generelt sett til bedring av SRN. Dette tyder på en positiv utvikling av både HA og FL-teknologi, men det trengs mer forskning, med oppdatert teknologi, for å gi en bedre vurdering av nytteverdien til FL ved SRN.

Studiene viser til fordeler ved økt DM ved SRN. Graden av hørselstap har betydning for resultatene av testene; større SNHL viser til bedre resultater. Det er vanskelig å si noe om hvilken DM som egner seg for de ulike lyd miljøene. ADM viste til signifikante fordeler når støy og lyd kommer forfra, mens ingen signifikante forskjeller mellom FDM og ADM ble funnet når lydkildene var adskilte. Det kan derimot ikke konkluderes med noe på dette området da det ikke ligger tilstrekkelig med forskning til grunne. Studiene viser til signifikante fordeler ved bruk av DM i sammenheng med lytteanstrengelse.

I konklusjon ble flere kognitive aspekter funnet signifikant ved påvirkning av SRN, slik som WMC, prosesseringsevne, oppmerksomhet og kognitiv svikt. Konklusjonen ble satt da flere studier viste til en sterk sammenheng mellom kognitiv ytelse og SRN (de Carvalho et al., 2017; Mukari et al., 2020; Ng et al., 2013; Yumba, 2017; Yumba, 2022). Det er vanskelig å konkludere om et aspekt er mer innflytelsesrik enn andre, da kognitiv ytelse påvirkes av en rekke aspekter samtidig. Likevel ble oppmerksomhet sett på som en betydelig faktor for god SRN, grunnet viktigheten under audiologisk utredning. Akklimatisering og auditiv trening er også signifikant ved SRN.

6. Begrensninger og videre forskning

Ved videre forskning bør det brukes større populasjoner, da det var relativt små populasjoner ved de undersøkte studiene om både FL og DM, med unntak av Kara et al. (2022) som hadde 132 deltakere. Begrensningen ved å ha en liten populasjon er at det gir lite grunnlag for generalisasjon og gjør det utfordrende å se på individuelle forskjeller mellom deltakere. Det bør også inkluderes flere artikler ved videre sammenligning. Det var begrenset med sammenligningsgrunnlag mellom flere av FL-teknologiene, mellom FDM og ADM, og underkategorier innen kognitiv ytelse: grad av utdanning, kjønn og arbeidskapasitet, undersøkt i denne oppgaven. Det er mulig at både alder og grad av hørselstap kan ha en påvirkning på om et individ får nytte av FL eller ikke. Grunnet motsigelser i resultatene, og at alder og grad av hørselstap ikke ble undersøkt ordentlig i studiene, kan det ikke trekkes noen konklusjoner. Det er et behov for mer forskning på forskjeller ved FDM og ADM, spesielt i lytteforhold der signalet kommer fra andre retninger enn direkte foran deltakeren.

7. Referanser

- Akeroyd, M. A. (2008). Are individual differences in speech reception related to individual differences in cognitive ability? A survey of twenty experimental studies with normal and hearing-impaired adults. *International Journal of Audiology*, 47(sup2), S53-S71. <https://doi.org/10.1080/14992020802301142>
- Alexander, J. M. (2013). Individual Variability in Recognition of Frequency-Lowered Speech. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1341346>
- Anderson, S., White-Schwoch, T., Parbery-Clark, A. & Kraus, N. (2013). Reversal of age-related neural timing delays with training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(11), 4357-4362. <https://doi.org/doi:10.1073/pnas.1213555110>
- Aveyard, H. (2014). *Doing A Literature Review In Health And Social Care: A Practical Guide* (3. utg.). Open University Press.
- Befring, E. (2015). *Forskningsmetoder i utdanningsvitenskap*. Cappelen Damm akademisk.
- Bentler, R. A. (2005). Effectiveness of directional microphones and noise reduction schemes in hearing aids: a systematic review of the evidence. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16(7), 473-484. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16.7.7>
- Booth, A., Sutton, A. & Papaioannou, D. (2016). *Systematic Approaches to a Successful Literature Review* (2. utg.). SAGE Publications.
- Brennan, M. A., Browning, J. M., Spratford, M., Kirby, B. J. & McCreery, R. W. (2021). Influence of aided audibility on speech recognition performance with frequency composition for children and adults. *International Journal of Audiology*, 60(11), 849-857. <https://doi.org/10.1080/14992027.2021.1893839>

- Carmines, E. & Zeller, R. (1979). *Reliability and Validity Assessment*. SAGE Publications, Inc.
- Ching, T. Y., Dillon, H. & Byrne, D. (1998). Speech recognition of hearing-impaired listeners: predictions from audibility and the limited role of high-frequency amplification. *J Acoust Soc Am*, 103(2), 1128-1140.
<https://doi.org/10.1121/1.421224>
- Compton-Conley, C. L., Neuman, A. C., Killion, M. C. & Levitt, H. (2004). Performance of directional microphones for hearing aids: real-world versus simulation. *J Am Acad Audiol*, 15(6), 440-455. <https://doi.org/10.3766/jaaa.15.6.5>
- Daneman, M. & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19(4), 450-466.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(80\)90312-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-5371(80)90312-6)
- de Carvalho, L. M. A., Gonsalez, E. C. d. M. & Iorio, M. C. M. (2017). Speech perception in noise in the elderly: interactions between cognitive performance, depressive symptoms, and education. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 83(2), 195-200. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.03.017>
- Denney, A. S. & Tewksbury, R. (2013). How to Write a Literature Review. *Journal of Criminal Justice Education*, 24(2), 218-234.
<https://doi.org/10.1080/10511253.2012.730617>
- Desjardins, J. L. (2016). The Effects of Hearing Aid Directional Microphone and Noise Reduction Processing on Listening Effort in Older Adults with Hearing Loss. *Journal of the American Academy of Audiology*, 27(1), 29-41.
<https://doi.org/10.3766/jaaa.15030>
- Dillon, H. (2012). *Hearing Aids*. Thieme.
- Ellis, R. J. & Munro, K. J. (2015). Benefit from, and acclimatization to, frequency compression hearing aids in experienced adult hearing-aid users. *International*

Journal of Audiology, 54(1), 37-47.

<https://doi.org/10.3109/14992027.2014.948217>

Ferguson, M. A., Henshaw, H., Clark, D. P. A. & Moore, D. R. (2014). Benefits of Phoneme Discrimination Training in a Randomized Controlled Trial of 50- to 74-Year-Olds With Mild Hearing Loss. *Ear and hearing*, 35(4), e110-e121.

<https://doi.org/10.1097/aud.0000000000000020>

Forskningsetikkloven. (2017). *Lov om organisering av forskningsetisk arbeid (forskningsetikkloven)* (LOV-2017-04-28-23). Lovdata.

<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-04-28-23>

Gates, G. A., Feeney, M. P. & Mills, D. (2008). Cross-Sectional Age-Changes of Hearing in the Elderly. *Ear and hearing*, 29(6), 865-874.

<https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e318181adb5>

Gelfand, S. A. (2016). *Essentials of Audiology*. Thieme.

Glista, D., Scollie, S., Bagatto, M., Seewald, R., Parsa, V. & Johnson, A. (2009). Evaluation of nonlinear frequency compression: Clinical outcomes. *International Journal of Audiology*, 48(9), 632-644.

<https://doi.org/10.1080/14992020902971349>

Goyette, A., Crukley, J. & Galster, J. (2018). The Effects of Varying Directional Bandwidth in Hearing Aid Users' Preference and Speech-in-Noise Performance. *American Journal of Audiology (Online)*, 27(1), 95-103.

https://doi.org/https://doi.org/10.1044/2017_AJA-17-0063

Grønmo, S. (2004). *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Fagbokforlaget.

Helseforskningsloven. (2008). *Lov om medisinsk og helsefaglig forskning (helseforskningsloven)* (LOV-2008-06-20-44). Lovdata.

<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-20-44>

- Hogan, C. A. & Turner, C. W. (1998). High-frequency audibility: benefits for hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am*, 104(1), 432-441.
<https://doi.org/10.1121/1.423247>
- Hornsby, B. W. Y. (2013). The Effects of Hearing Aid Use on Listening Effort and Mental Fatigue Associated With Sustained Speech Processing Demands. *Ear Hear*, 34(5), 523-534. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31828003d8>
- Hornsby, B. W. Y. & Ricketts, T. A. (2007). Directional benefit in the presence of speech and speechlike maskers. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18(1), 5-91. <https://doi.org/10.3766/jaaa.18.1.2>
- Humes, L. E. (2019). The World Health Organization's hearing-impairment grading system: an evaluation for unaided communication in age-related hearing loss. *International Journal of Audiology*, 58(1), 12-20.
<https://doi.org/10.1080/14992027.2018.1518598>
- Jacobsen, D. I. (2022). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? innføring i samfunnsvitenskapelige metoder* (4. utg.). Cappelen Damm akademisk.
- Kamal, W. A., Essawy, W. M., Emara, A. A. & El-Gharib, A. M. (2023). Using the hearing in noise test (HINT) in the assessment of the performance of directional microphone. *The Egyptian Journal of Otolaryngology*, 39(1), 23.
<https://doi.org/10.1186/s43163-023-00390-7>
- Kara, E., Şenkal, Ö. A., Kılıç, M., Kara, H. Ç., Çapar, S. H. & Yener, H. M. (2022). The Effects of Different Frequency Lowering Technologies' Performances on Speech in Noise Test. *B-ENT (Leuven)*, 18(4), 239-247. <https://doi.org/10.5152/B-ENT.2022.22962>
- Kim, H., Choo, O.-S., Park, K., Gu, G. Y., Park, S.-H., Jang, J. H., Park, H. Y. & Choung, Y.-H. (2020). Hearing aids are still beneficial to patients, even if they have a low speech discrimination. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 277(11), 2987-2994. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06018-3>

- Kirby, B. J., Kopun, J. G., Spratford, M., Mollak, C. M., Brennan, M. A. & McCreery, R. W. (2017). Listener Performance with a Novel Hearing Aid Frequency Lowering Technique. *Journal of the American Academy of Audiology*, 28(9), 810-822. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16157>
- Kokx-Ryan, M., Cohen, J., Cord, M. T., Walden, T. C., Makashay, M. J., Sheffield, B. M. & Brungart, D. S. (2015). Benefits of Nonlinear Frequency Compression in Adult Hearing Aid Users. *Journal of the American Academy of Audiology*, 26(10), 838-855. <https://doi.org/10.3766/jaaa.15022>
- Larsby, B., Hällgren, M. & Lyxell, B. (2008). The interference of different background noises on speech processing in elderly hearing impaired subjects. *International Journal of Audiology*, 47(sup2), S83-S90. <https://doi.org/10.1080/14992020802301159>
- Levitt, H. (2007). Digital Hearing Aids: Wheelbarrows to Ear Inserts. <https://doi.org/10.1044/leader.FTR4.12172007.28>
- Margolis, R. H. & Saly, G. L. (2008). Distribution of hearing loss characteristics in a clinical population. *Ear Hear*, 29(4), 524-532. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181731e2e>
- Miller, C. W., Bates, E. & Brennan, M. (2016). The effects of frequency lowering on speech perception in noise with adult hearing-aid users. *International Journal of Audiology*, 55(5), 305-312. <https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1137364>
- Mukari, S., Yusof, Y., Ishak, W. S., Maamor, N., Chellapan, K. & Dzulkifli, M. A. (2020). Relative contributions of auditory and cognitive functions on speech recognition in quiet and in noise among older adults. *Braz J Otorhinolaryngol*, 86(2), 149-156. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2018.10.010>
- Ng, E. H. N., Rudner, M., Lunner, T., Pedersen, M. S. & Rönnberg, J. (2013). Effects of noise and working memory capacity on memory processing of speech for

- hearing-aid users. *International Journal of Audiology*, 52(7), 433-441.
<https://doi.org/10.3109/14992027.2013.776181>
- Oticon. (2015). *Oticon Frequency Lowering: Access to high-frequency speech sounds with Speech Rescue technology*. <https://www.oticon.com/-/media/oticon%20us/main/download%20center/white%20papers/43698%20speech%20rescue%20white%20paper%202015.pdf>
- Paltridge, B. (2017). *The Discourse of Peer Review: Reviewing Submissions to Academic Journals*. Palgrave Macmillan UK.
- Pati, D. & Lorusso, L. N. (2018). How to Write a Systematic Review of the Literature. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 11(1), 15-30.
<https://doi.org/10.1177/1937586717747384>
- Phonak. (u.å.-a). *Phonak Ambra Features | PhonakPro*.
<https://www.phonakpro.com/il/en/products/hearing-aids/ambra/features-ambra.html>
- Phonak. (u.å.-b). *Phonak unveils Naída V portfolio of hearing aids*.
<https://www.phonakpro.com/no/norway/about-phonak/pressesenter/2016/2016-april-13-naida-v.html>
- Pichora-Fuller, M. K. (2003). Processing speed and timing in aging adults: psychoacoustics, speech perception, and comprehension. *International Journal of Audiology*, 42(sup1), 59-67. <https://doi.org/10.3109/14992020309074625>
- Picou, E. M., Aspell, E. & Ricketts, T. A. (2014). Potential Benefits and Limitations of Three Types of Directional Processing in Hearing Aids. *Ear Hear*, 35(3), 339-352.
<https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000004>
- Picou, E. M. & Ricketts, T. A. (2017). How directional microphones affect speech recognition, listening effort and localisation for listeners with moderate-to-severe hearing loss. *International Journal of Audiology*, 56(12), 909-918.
<https://doi.org/10.1080/14992027.2017.1355074>

- Pittman, A. L. & Stelmachowicz, P. G. (2003). Hearing loss in children and adults: audiometric configuration, asymmetry, and progression. *Ear Hear*, 24(3), 198-205. <https://doi.org/10.1097/01.Aud.0000069226.22983.80>
- Pumford, J. M., Seewald, R. C., Scollie, S. D. & Jenstad, L. M. (2000). Speech recognition with in-the-ear and behind-the-ear dual-microphone hearing instruments. *Journal of the American Academy of Audiology*, 11(1), 23-35. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1748005>
- Ricketts, T. & Henry, P. (2002). Evaluation of an adaptive, directional-microphone hearing aid: Evaluación de un auxiliar auditivo de micrófono direccional adaptable. *International Journal of Audiology*, 41(2), 100-112. <https://doi.org/10.3109/14992020209090400>
- Ricketts, T. & Mueller, H. G. (2000). Predicting directional hearing aid benefit for individual listeners. *J Am Acad Audiol*, 11(10), 561-569; quiz 575.
- Ricketts, T. A. (2001). Directional hearing AIDS. *Trends Amplif*, 5(4), 139-176. <https://doi.org/10.1177/108471380100500401>
- Ricketts, T. A. & Hornsby, B. W. Y. (2006). Directional hearing aid benefit in listeners with severe hearing loss. *International Journal of Audiology*, 45(3), 190-197. <https://doi.org/10.1080/14992020500258602>
- Robinson, J. D., Baer, T. & Moore, B. C. J. (2007). Using transposition to improve consonant discrimination and detection for listeners with severe high-frequency hearing loss. *International Journal of Audiology*, 46(6), 293-308. <https://doi.org/10.1080/14992020601188591>
- Robinson, J. D., Stainsby, T. H., Baer, T. & Moore, B. C. J. (2009). Evaluation of a frequency transposition algorithm using wearable hearing aids. *International Journal of Audiology*, 48(6), 384-393. <https://doi.org/10.1080/14992020902803138>

- Salthouse, T. (1996). The Processing-Speed Theory of Adult Age Differences in Cognition. *Psychological review*, 103(3), 403-428. <https://doi.org/10.1037//0033-295X.103.3.403>
- Simpson, A., Bond, A., Loeliger, M. & Clarke, S. (2018). Speech intelligibility benefits of frequency-lowering algorithms in adult hearing aid users: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Audiology*, 57(4), 249-261. <https://doi.org/10.1080/14992027.2017.1375163>
- Simpson, A., Hersbach, A. A. & McDermott, H. J. (2005). Improvements in speech perception with an experimental nonlinear frequency compression hearing device. *International Journal of Audiology*, 44(5), 281-292. <https://doi.org/10.1080/14992020500060636>
- Simpson, A., Hersbach, A. A. & McDermott, H. J. (2006). Frequency-compression outcomes in listeners with steeply sloping audiograms. *International Journal of Audiology*, 45(11), 619-629. <https://doi.org/10.1080/14992020600825508>
- Souza, P., Arehart, K. & Neher, T. (2015). Working Memory and Hearing Aid Processing: Literature Findings, Future Directions, and Clinical Applications. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01894>
- Starkey Hearing, T. (2011). *Spectral iQ: Audibly Improving Access to High-frequency Sounds*. <https://cdn.mediavalet.com/usil/starkeyhearingtech/cSLCdv1mk6fY6V-JmfXSg/7NoIEWHIAE6ubwjmQwUtCA/Original/Starkey%20Spectral%20iQ%20Wnite%20Papers.pdf>
- Syka, J. (2002). Plastic Changes in the Central Auditory System After Hearing Loss, Restoration of Function, and During Learning. *Physiological Reviews*, 82(3), 601-636. <https://doi.org/10.1152/physrev.00002.2002>
- Taherdoost, H. (2016). Validity and Reliability of the Research Instrument; How to Test the Validation of a Questionnaire/Survey in a Research. *International Journal of*

Academic Research in Management, 5, 28-36.

<https://doi.org/10.2139/ssrn.3205040>

Tye-Murray, N. (2018). *Foundations of Aural Rehabilitation: Children, Adults, and Their Family Members*. Plural Publishing Incorporated.

Vergnes, J.-N., Marchal-Sixou, C., Nabet, C., Maret, D. & Hamel, O. (2010). Ethics in systematic reviews. *Journal of Medical Ethics*, 36(12), 771-774.

<https://doi.org/10.1136/jme.2010.039941>

Williams, C. (2011). Research Methods. *Journal of Business & Economics Research (JBER)*, 5(3). <https://doi.org/10.19030/jber.v5i3.2532>

Willott, J. F. (1996). Physiological Plasticity in the Auditory System and its Possible Relevance to Hearing Aid Use, Deprivation Effects, and Acclimatization. *Ear and hearing*, 17(3), 66S-77S. https://journals.lww.com/ear-hearing/Fulltext/1996/17031/Physiological_Plasticity_in_the_Auditory_System.7.aspx

Yumba, W. (2022). Influences of listener gender and working memory capacity on speech recognition in noise for hearing aid users. *Speech, Language and Hearing*, 25(2), 112-124. <https://doi.org/10.1080/2050571X.2020.1810491>

Yumba, W. K. (2017). Cognitive Processing Speed, Working Memory, and the Intelligibility of Hearing Aid-Processed Speech in Persons with Hearing Impairment. *Front Psychol*, 8, 1308. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01308>

Vedlegg: Sammendrag av artikler

Artikkel 1

Forfattere: Carvalho, L. M. A., Gonsalez, E. C. d. M. & Iorio, M. C. M. (2017).

Tittel: Speech perception in noise in the elderly: interactions between cognitive performance, depressive symptoms, and education.

Hensikt: Å evaluere påvirkningen av kognitiv ytelse, depressive symptomer og utdanning på SRN hos eldre HA-brukere.

Metode og gjennomføring: Studien inkluderte 25 deltakere (9 menn, 16 kvinner) i alderen 60 – 85 år, med symmetrisk mildt til moderat SNHL. Alle deltakere er bilaterale HA-brukere og har brukt HA i minst 3 måneder. Testbatteriet besto av *Mini-Mental State Examination* (MMSE) og *Alzheimer's Disease Assessment Scale* (ADAS-Cog) for kognitiv testing, *Geriatric Depression Scale* (GDS-15) for evaluering av depressive symptomer og *Portuguese Sentences List Test* med talespektrum-støy i frittfelt for evaluering av SNR. Korrelasjon mellom testene og SNR, med alder, utdanning og HA erfaring ble undersøkt.

Resultater: Det ble funnet statistisk signifikant korrelasjon mellom SRN og resultatene fra MMSE, ADAS-Cog og GDS-15, der høyere MMSE resultater, og lavere ADAS-Cog og GDS resultater, gir lavere SNR. Det ble også funnet signifikant korrelasjon mellom SNR og utdanning, der høyere utdanning gir lavere SNR.

Diskusjon og konklusjon: Nivå av utdanning, kognitive ferdigheter og depressive symptomer påvirker SRN hos eldre HA-brukere, der høyere utdanning og bedre kognitive ferdigheter har en positiv effekt på SRN, mens depressive symptomer har en negativ effekt.

Artikkel 2

Forfattere: Desjardins, J. L. (2016).

Tittel: The effects of hearing aid directional microphone and noise reduction processing on listening effort in older adults with hearing loss.

Hensikt: Undersøke den individuelle og kombinerte effekten av DM og støyreduksjonsbehandling i HA på lytteanstrengelse hos eldre med hørselstap

Metode og gjennomføring: Studien inkluderte 15 erfarne HA brukere (54 – 78 år). Deltakerne hadde fallende HF mildt – alvorlig bilateralt sensorineuralt tap. Deltakerne fikk tilpasset Starkey 3 series BTE apparater bilateralt. Alle HA brukte DSL v.5 som tilpasningsformel og ble verifisert med REM system. Alle HA ble innstilt med 4 program med forskjellige kombinasjoner der DM og/eller støyreduksjonsbehandling var på eller av.

Testbatteriet besto av talegjenkjenning med setninger (Harvard/Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE, 1969)) i stillhet og four-talker babble, en digital visuell sporings test for å evaluere lytteanstrengelse objektivt, to kognitive tester for å vurdere arbeidsminne og prosesseringshastighet, samt en selvevaluering på lytteanstrengelse.

Resultater: Deltakernes SRN var betydelig bedre (~30%) ved bruk av programmene som brukte DM, men det var ingen betydelig forskjell mellom om støyreduksjonsbehandling var på eller av. DM ga signifikant reduksjon av lytteanstrengelse i støyende omgivelser. De kognitive testene viste at deltakerne var innenfor normalverdiene for deres alder på begge testene, og at det ikke var noe signifikant korrelasjon mellom lytteanstrengelse og arbeidsminne eller prosesseringshastighet i noen av lytteforholdene.

Diskusjon og konklusjon: Resultatene viser til at DM i HA effektivt reduserte den kognitive belastningen av å lytte i støyende omgivelser, samt forbedret SRN. Støyreduksjonsbehandling ga ingen signifikante forbedringer på lytteanstrengelse, men det kan hende det har bedre effekt ved dårligere SNR forhold. Ettersom det ikke var noe korrelasjon mellom objektiv og subjektiv evaluering av lytteanstrengelse kan det tyde på at de måler forskjellige aspekter ved lytteanstrengelse.

Artikkel 3

Forfattere: Ellis, R. J. & Munro, K. J. (2015).

Tittel: Benefit From, and Acclimatization to, Frequency Compression Hearing Aids in Experienced Adult Hearing-aid Users.

Hensikt: Undersøke om NFC i HA gir ytterligere fordeler enn det som kan gis ved konvensjonell forsterkning.

Metode og gjennomføring: Studien inkluderte 12 erfarne (>1 år) HA brukere med moderat – alvorlig høyfrekvent SNHL. Alderen varierte fra 65-84 år (gj. snitt alder 75,5 år). Deltakerne ble tilpasset med Phonak Naida V SP med tilpasningsformelen NAL-NL2. Alle deltakerne fikk frekvensene kuttet ≥ 2 kHz ved NFC, og gikk 6 – 7 uker med NFC aktivert og deaktivert.

Taletestene som ble gjort er konsonantgjenkjennelse med en nonsense syllable recognition test i stillhet og støy, og talegjenkjenning med setninger i støy. Testbatteriet ble administrert sammen med to spørreskjemaer om dagligdagse situasjoner og følelse av funksjonshemming. For å undersøke effekten av akklimatisering ble testbatteriet utført rett etter aktivering av NFC og etter 6 ukers bruk.

Resultater: Gjennomsnittsskår for alle taletestene var betydelig bedre ved NFC. Som gruppe var det kun en effekt av akklimatisering på konsonantgjenkjenning, som viste forbedringer over tid. Ingen effekt av NFC på selvrapporteringsresultater ble observert. Det var noen individuelle forskjeller på resultatene både ved akklimatisering og nytte av FL.

Diskusjon og konklusjon: Resultatene viser bedring ved bruk av NFC på et gruppenivå, men resultatene samsvarer ikke de fra spørreskjemaene. Det var begrenset med bevis angående effekten av akklimatiseringstid. Studiet konkluderer med at NFC kan føre til betydelige forbedringer i tale og persepsjonsutfall i både stille og støy for mange individer med moderat til alvorlig SNHL og at ingen deltakere ble betydelig dårligere stilt ved bruk av NFC.

Artikkel 4

Forfattere: Goyette, A., Crukley, J. & Galster, J. (2018).

Tittel: The effects of varying directional bandwidth in hearing aid users' preference and speech-in-Noise performance.

Hensikt: Undersøke hvordan forandring av mikrofonenes retningsspesifisitet påvirker brukerens lyttepreferanse og ytelse for tale-i-støy.

Metode og gjennomføring: 10 NH deltakere (7 kvinner, 3 menn) med en alder rangerende fra 27-40 (gj. snitt alder 31) og 10 deltakere (3 kvinner, 7 menn) med HT, med en alder fra 27 til 75 år (gj. snitt alder 57). Alle deltakerne med hørselsvansker har et symmetrisk bilateralt mildt – moderat sensorineuralt hørselstap. 8 av de 10 hadde tidligere erfaring med HA. HA som ble brukt er Starkey Muse i2400 RIC, og ble tilpasset til NAL-NL2 og verifisert med REM. Alle testene ble gjennomført samme dagen HA ble tilpasset.

Det ble sammenlignet interne støynivåer med 4 forskjellige mikrofonmoduser: rundstrålende, full retningsbestemt, høyfrekvent retningsbestemt behandling ovenfor 900 Hz, og høyfrekvent retningsbestemt prosessering over 2000 Hz. Tale-i-støy ble målt i hvert av de 4 modusene for de med deltakerne med hørselstap.

Resultater: Deltakere med normal hørsel foretrakk DM tendens, dog flertallet indikerte ikke en preferanse mellom rundstrålende- og retningsbestemt-modus over 2000 Hz. Gjennomsnittlig ytelse i støy ble forbedret med økende retningsbestemt båndbredde.

Diskusjon og konklusjon: Utgangsstøyen varierte på tvers av mikrofonkonfigurasjoner og var påvirket av deltakernes hørselsterskler. De tenker at denne variasjonen kan medføre at HA utgangsstøy ikke kan påvises for deltakerne med alvorlige hørselstap, noe som kan medføre at deltakerne med hørselstap ikke prefererte modulen med retningsbestemt over 2 kHz.

Artikkel 5

Forfattere: Kamal, W. A., Essawy, W. M., Emara, A. A. & El-Gharib, A. M. (2023).

Tittel: Using the hearing in noise test (HINT) in the assessment of the performance of directional microphone.

Hensikt: Undersøke nytten av DM i HA på SRN.

Metode og gjennomføring: Studien baserer seg på en kontrollgruppe bestående av 20 deltakere, og en studiegruppe basert på 40 deltakere. Alle deltakerne gjennomførte *HINT* ved hjelp av tre høyttalere som spilte av lyd og støy fra lik og forskjellige vinkler. Deltakerne har hatt et SNR forhold på -5 dB.

Inkluderingskriteriet for studiegruppen består av at deltakerne har symmetrisk bilateralt sensorinevralt hørselstap, med en PTA på mellom 40-70 dB HL. Deltakende har også vært HA-brukere i mer enn 6 måneder. Ekskluderingskriterier for studien var om deltakerne hadde usymmetrisk hørselstap, eller uregelmessige HA-brukere.

Resultater: Automatisk adaptiv retningsmikrofon (AADM) ser ut til å være beste tilpasningsmetoden i forhold til å oppnå best taleoppfattelse. Dette gjelder spesielt i tilfeller der lyden og støyen kommer foran HA-brukeren.

Studien viser at kontrollgruppen trenger et lavere SNR forhold for å oppnå god taleforståelse, i forhold til studiegruppen med hørselstap som trenger et bedre SNR forhold.

Diskusjon og konklusjon: Spesielt deltakerne med hørselstap fant det svært vanskelig å oppfatte tale når det var støy til stede. Retningsmikrofonen på HA, og støyreduksjon er funksjoner som hjelper HA-brukere ved å gi bedre taleoppfattelse. AADM gir signifikante bedre resultater når lyd og støy kommer fra samme sted, mens det viser ikke noe signifikant forskjell når lyd og støy kommer fra forskjellige lydkilder.

Artikkel 6

Forfattere: Kara, E., Şenkal, Ö. A., Kılıç, M., Kara, H. Ç., Çapar, S. H. & Yener, H. M. (2022).

Tittel: The Effects of Different Frequency Lowering Technologies' Performances on Speech in Noise Test.

Hensikt: Undersøkte hvordan 3 ulike metoder for FL kan påvirke taleforståelse i støyende omgivelser.

Metode og gjennomføring: Studien inkluderte 132 uerfarne HA-brukere med symmetrisk mild – moderat HF sensorineuralt hørselstap. Alderen varierte fra 42 til 87 år (gj. snitt alder 64 år). Deltakerne ble tilpasset med Phonak Naida V70, Widex DFS 220 og Oticon Dynamo SP4, med Nal-NL2 og verifisert med REM.

Testbatteriet besto av *Turkish Matrix (Non-adaptive) Test* for SRN og *Adaptive Turkish Matrix Test* for måling av SNR-50. Alle deltakerne gjennomførte testbatteriet med alle HA og metoder for FL: NFC, LFT og FC.

Resultater: FL førte til bedring av taleforståelse i støyfylte omgivelser. Resultater for talegjenkjenning viste betydelige forskjeller mellom NFC og LFT, og FC og LFT, der NFC og FC viste bedring. Forskjellen mellom bedringen var ikke signifikant.

Diskusjon og konklusjon: To av de tre metodene for FL (NFC og LFT) forbedret SRN. Studien antyder at mer forskning er nødvendig for å fastslå hvilken metode for FL som er mest effektiv. Lite bedring av talegjenkjenning ved FC kan skyldes liten deltaker gruppe og manglende kontrollgrupper.

Artikkel 7

Forfattere: Kokx-Ryan, M., Cohen, J., Cord, M. T., Walden, T. C., Makashay, M. J., Sheffield, B. M. & Brungart, D. S. (2015).

Tittel: Benefits of Nonlinear Frequency Compression in Adult Hearing Aid Users

Hensikt: To eksperimenter ble inkludert i studien, eksperiment 2 er ikke relevant for dette litteraturstudiet da de bruker unilateralt HA. Hensikten med eksperiment 1 var å undersøke om kommersielt tilgjengelig NFC gir fordeler, slik som forbedret SRN når HA er tilpasset og verifisert ved bruk av standard kliniske prosedyrer.

Metode og gjennomføring: Eksperiment 1 inkluderte 26 deltakere (13 med HA-erfaring, 13 uten) med HF sensorineuralt hørselstap. Alderen varierte fra 37 til 92 år (gj. snitt alder 68,3 år). Deltakerne ble tilpasset med Phonak Naida V UP med NAL-NL1 og verifisert med REM. Testbatteriet besto av *QuickSIN* i taleformet støy og modifiserte rim-test (MRT) i rosa-støy for evaluering av konsonantgjenkjenning. Testing ble utført både med samlokalisert og adskilt signal og støy.

Resultater: *QuickSIN* viste ~ 0.75 dB bedring etter akklimatisering når maskeringslyden ble separert fra signalet. Det var pålitelige forbedringer i forståeligheten til fonemene /r/ og /b/. Enkelte av deltakerne oppnådde små til moderate fordeler med NFC, mens andre fikk ingen forbedring. Det var en beskjeden, men signifikant alderseffekt hos deltakerne som indikerte at eldre lyttere (≥ 65 år) i gjennomsnitt kan ha mer nytte av FL enn yngre lyttere.

Diskusjon og konklusjon: Selv om resultatene viser at lyttere generelt ikke gjør det dårligere, så kan de i noen tilfeller gjøre det litt bedre ved bruk av NFC enn uten. Det er vanskelig å vise en pålitelig, klinisk signifikant fordel for NFC. Fordelene med NFC bør utforskes videre hos eldre voksne (>65 år).

Artikkel 8

Forfattere: Miller, C. W., Bates, E. & Brennan, M. (2016).

Tittel: The Effects of Frequency Lowering on Speech Perception in Noise with Adult Hearing-aid Users.

Hensikt: Undersøke hvordan FL påvirker taleoppfattelse i støy for voksne HA-brukere.

Metode og gjennomføring: Studien inkluderte 10 erfarne HA-brukere med HF sensorineuralt hørselstap. Alderen varierte fra 63 – 82 år (gj. snitt alder 70,9 år). Deltakerne ble tilpasset med Phonak Ambra, Widex Mind 440 og Starkey 3 Series i110, med NAL-NL1 eller NAL-NL2 og verifisert med REM.

Testbatteriet besto av en modifisert *Speech Intelligibility Index (SII)*, *American English Matrix Sentence Test in Noise* og et spørreskjema for subjektiv lyd kvalitet. Alle deltakerne gjennomførte testbatteriet med alle HA og metoder for FL: NFC, LFT og SEW.

Resultater: Det var ingen signifikant forbedring ved bruk av FL sammenlignet med uten. NFC ga lignende resultater som uten bruk av FL, mens LFT og SEW ga dårligere resultater sammenlignet med uten bruk av FL.

Diskusjon og konklusjon: FL gir ikke nødvendigvis forbedring i oppfattelsen av tale i støy. FL metoder som har overlappende frekvenser, kan forverre taleoppfattelsen. Det finnes heller ikke nok forskning på feltet til å kunne fastsette optimale tilpasningsprosedyrer for bruk av FL.

Artikkel 9

Forfattere: Mukari, S. Z., Yusof, Y., Ishak, W. S., Maamor, N., Chellapan, K. & Dzulkifli, M. A. (2020).

Tittel: Relative contributions of auditory and cognitive functions on speech recognition in quiet and in noise among older adults.

Hensikt: Å undersøke hvordan auditive funksjoner og kognitiv status påvirker talegjenkjenning i stillhet og i støy.

Metode og gjennomføring: Studien inkluderte 72 deltakere (54 kvinner, 18 menn) med normal til mildt SNHL. Halvparten av deltakerne hadde normal hørsel, og den andre halvparten hadde et mildt SNHL. Alderen deres rangerte fra 60 – 82 år (gj. snitt alder på 72 år).

Det ble utført rentonetest (luft og bein), gaps-in-noise, dikotisk sifertest og *HINT*. Alle taletester ble utført på malaysisk. Deres kognitive ytelse ble vurdert ved hjelp av den malaysiske kognitive vurderingen fra *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA).

Resultater: Viste at bedre øret over fire frekvensområder 0,5-4 kHz (4FA), det hadde et høyfrekvent gj. snitt og kognisjon var betydelige prediktere og utgjorde omtrent 50 % av talegjenkjenning i stillhet. I kontrast viste det høyfrekvente gj. snitt i kognitiv status målt ved MoCA og real ear average betydelig forså omtrent 30 % av variansen av SRN. Mens høyfrekvent hørsel var den primære prediktoren for talegjenkjenning i stillhet.

Diskusjon og konklusjon: Deltakere med diskant tap hadde større problemer med å forstå tale i samtalenivå. Funnene viste at rehabiliteringen som er rettet opp mot forbedring av kognitiv funksjon kan bidra til å lindre noen av talegjenkjenningssvanskene som oppleves av eldre voksne, spesielt i støyende omgivelser. Studiet viste ingen sterke assosiasjoner mellom taleoppfattelse i stillhet og i støy. Dette kan forekomme da det var større variasjon mellom deltakernes HF terskler, enn i de lave. The Right Ear Advantage av dikotisk sifertest ble funnet å bidra med ca. 9,0 % av variansen i *HINT*.

Artikkel 10

Forfattere: Picou, E. M. & Ricketts, T. A. (2017).

Tittel: How directional microphones affect speech recognition, listening effort and localisation for listeners with moderate-to-severe hearing loss.

Hensikt: Evaluere effekten ved bruk av retningsmikrofon for HA-brukere.

Metode og gjennomføring: 18 deltakere med symmetrisk bilateralt sensorineuralt hørselstap, og engelsk språk som morsmål er med i denne studien. Alle har et moderat til en alvorlig grad av hørselstap. Deltakerne får alle individuelt tilpasset et super-power HA med formstøpt propp, og standart slange. HA får lagt inn mulighet for bruk at OMNI, og et program med fast retningsmikrofon. HA er ikke "låst sammen", som gir muligheten for at HA1 kan bruker OMNI, samtidig som HA2 kan bruke en fast retningsmikrofon.

Deltakerne gjennomførte testbatteri tre ganger. Dette for å få testet forskjellen ved bruk at OMNI, fast retningsmikrofon og en siste gang for å teste ved bruk av begge deler. HA tilpasses ved bruk av NAL-NL2 og verifisert med REM.

Resultater: Resultatet viser signifikant forskjell på setningsgjenkjenning ved bruk av fastsatt retningsmikrofon i forhold til OMNI. Det kommer ikke frem noe signifikante forskjeller ved bruk av noen av metodene i forhold til retningslokasjon. Det har heller ingen signifikant betydning om HA er symmetrisk tilpasset ved bruk av samme type mikrofon, eller om dem er asymmetrisk tilpasset.

Diskusjon og konklusjon:

Studien indikerer at det har liten betydning for HA bruker om HA er tilpasset symmetrisk eller asymmetrisk med bakgrunn i valg av type mikrofon for tilpasning.

Artikkel 11

Forfattere: Yumba, W. K. (2022).

Tittel: Influences of listener gender and working memory capacity on speech recognition in noise for hearing aid users.

Hensikt: Undersøke påvirkningen av WMC på evnen til å gjenkjenne tale i støy for erfarne HA-brukere ved hjelp av ny-støyreduksjon innstillinger, og (2) undersøke om mannlige og kvinnelige HA-brukere har forskjellig hørselsfølsomhet og evne til å gjenkjenne forsterket tale i støyende omgivelser.

Metode og gjennomføring: Studiet består av 196 erfarne HA-brukere (82 kvinner, 113 menn) i en alder fra 33 til 80 år (gj. snitt alder 61,10 år). Alle deltakerne har et mildt til moderat symmetrisk bilateralt sensorineuralt hørselstap og hadde brukt HA i mer enn 1 år. *The Hagerman Test* (måler SRN) ble gjennomført ved 2 signalbehandlings innstillinger: (1) lineær forsterkning uten støyreduksjon, og (2) lineær forsterkning med støyreduksjon. Støyreduksjonsinnstillinger brukte steady-state noise og four-talker babble. En svensk versjon av *Reading Span Test* av Daneman & Carpenter (1980) ble brukt for å teste WMC.

Resultater: Mannlige deltaker hadde bedre rentoneterskler enn kvinnelige ved frekvensene 500 og 1000 Hz, mens kvinnelige deltakere hadde bedre rentoneterskler ved 4000 Hz. Kvinnelige lyttere viste betydelig bedre talegjenkjenningsevne enn mannlige lyttere på Hagerman-testen med støy reduksjon, men ikke ved lineær forsterkning uten støy reduksjon. Denne kjønnsforskjellen var mer uttalt på 80 % prestasjonsnivå enn ved 50%-nivået. WMC hadde en betydelig effekt på talegjenkjenningsevnen, og resultater viste en toveis interaksjon mellom WMC og ytelsesnivå.

Diskusjon og konklusjon: Det er den første studien som demonstrerer hvordan erfarne mannlige og kvinnelige HA-brukere varierer betydelig i hørselsevne og følsomhet og evne til å gjenkjenne forsterket tale i støy. Mer forskning nødvendig for dypere forståelse av kjønns påvirkning av SRN, om alder har en innvirkning og mer.

Artikkel 12

Forfattere: Yumba, W. K. (2017).

Tittel: Cognitive processing speed, working memory, and the intelligibility of hearing aid-processed speech in persons with hearing impairment.

Hensikt: Undersøke forholdet mellom kognitive evner (kognitiv prosesseringshastighet og WMC) og individuelle lytteres respons på digitale signalbehandlingsinnstillinger under ugunstige lytteforhold.

Metode og gjennomføring: 194 svenske deltakere (83 kvinner, 111 menn) i en alder mellom 33-80 år (gj. snitt alder 60,75 år). De hadde alle et bilateralt symmetrisk mildt til moderat HT. Det ble gjennomført reaksjonstesten *Lexical decision speed test* (LDT), *Semantic word-pair Span Test* og *The Hagerman Test*. *The Hagerman Test* ble gjennomført ved 3 signalbehandlings innstillinger: (1) lineær forsterkning uten støyreduksjon, (2) lineær forsterkning med støyreduksjon, og (3) ikke-lineær forsterkning uten støy reduksjon («hurtigvirkende kompresjon»).

Resultater: Kognitiv prosesseringshastighet var en bedre variabel for taleforståelighet i støy, uavhengig av hvilke typer signalbehandlingsalgoritmer som ble brukt. Det var en sterkere assosiasjon mellom kognitiv prosesseringshastighet og støyreduksjonsutfall og hurtigvirkende kompresjonsutfall (i jevn tilstandsstøy). Det ble observert en svakere sammenheng mellom arbeidsminne og støyreduksjon, men WMC forholdt seg ikke til hurtigvirkende kompresjon. WMC var en relativt svakere predikter for taleforståelighet i støy.

Diskusjon og konklusjon: Ved lengre akklimatisering eller opplæring så kan resultatene ovenfor WMC muligens forbedres. resultatene indikerer at effekten av en kombinasjon av støyreduksjon og steady-state noise kan utgjøre en mindre kilde til degradering, noe som bidrar til en større fordel eller bedre taleforståelighet.

