

Dysleksi og visuospatiale ferdigheter

En systematisk kartleggingoversikt

Haseeb Tahir

Pedagogisk psykologisk rådgivning

Høst 2023

Institutt for pedagogikk

Det utdanningvitenskapelige fakultetet



Forord

Av mange merkelige grunner har dysleksi alltid fascinert meg som en uvanlig, men magnetisk interessant lærevanske. En av årsakene kan være mystikken bak diagnosen. Til tross for at jeg har blitt klokere på forskning og litteratur rundt diagnosen dysleksi, klarer jeg ikke å forstå den fullstendig. Dens intrikate utgangspunkt er påfallende. Det er noe med dens kompleksitet og det uforklarlige som mater min interesse. Kanskje er det faktumet at det er mulig å ha utfordringer med å lære seg å lese fullgodt, til tross for det som oftest er et adekvat evnenivå. Det kan vekke vitebegjærighet hos selv den minst nysgjerrige. Av alle disse grunner, og på grunn av tilnærminger til evolusjonsbiologi og nevroplastisitet, kan jeg ikke annet enn å sette pris på de anekdotene som gir mange intellektuelle genier merkelappen "dyslektiker". Kanskje er det min egen uvitenhet som snakker, men det er likevel bemerkelsesverdig hvis hjernen ikke kompenserer for utfordringene hos personer med dysleksi ved å styrke andre ferdigheter. Derfor var det ingenting annet enn ren faglig nysgjerrighet som ga liv til denne oppgaven.

Jeg vil rette en stor takk til min veileder, Anne Cathrine Thurmann-Moe, for veiledningen hun har gitt meg underveis i utarbeidelse av masteroppgaven.

Universitetet i Oslo, høst 2023

Haseeb

Sammendrag

Innledning: Dysleksi har lenge blitt oppfattet på som en vanske. Imidlertid har det vært økende fokus på om personer med dysleksi viser styrke innen visuospatiale ferdigheter. Forskning har derimot vært tvetydig på dette. Noen studier viser styrker hos dyslektikere i visuospatiale ferdigheter sammenlignet med personer uten dysleksi, mens andre studier viser at visuospatiale ferdigheter kan være svekket hos personer med dysleksi. Det har blitt forklart av at dysleksi er en svært sammensatt diagnose. Derfor vil personer med dysleksi ha ulike lese- og kognitive profiler, og dette vil kunne uttrykkes i forskjeller i visuospatiale ferdigheter. Hvis dyslektikere gjør det svakere i en type visuospatial ferdighet, og bedre i en annen type visuospatial ferdighet, kan årsaken bak det forklare underliggende forskjeller mellom personer med dysleksi og personer uten dysleksi. Dette til tross for at dysleksi er basert på normalfordelte fonologiske ferdigheter, og ikke undersøkelser som baserer seg på biologi. Eventuelle styrker i visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere er svært pedagogisk relevant, ettersom slike styrker kan legge til rette for regelmessig eksponering og opplæring som utnytter disse ferdighetene. Dette kan være kompenserende for svake lese- og skriveferdigheter hos personer med dysleksi.

Denne oppgaven har dermed som formål å undersøke visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi, og hvordan relevante forklaringsmodeller for dysleksi kan være med å belyse eventuelle forskjeller i visuospatiale ferdigheter.

Teori: Visuospatiale ferdigheter kan kategoriseres i tre kategorier: *visuell persepsjon*, *visuospatial arbeidsminne* og *spatiale ferdigheter* som visualisering og mental rotasjon. Ettersom dysleksi baserer seg på måling av fonologiske ferdigheter som er normalfordelt, får man en gruppe med dysleksi som har svært sammensatt profil. Dette vil kunne gi forskjeller i visuospatiale ferdigheter. Noen forklaringsmodeller for dysleksi har mer direkte innflytelse for hvordan visuospatiale ferdigheter uttrykkes. For eksempel den magnocellulære teorien som forklarer dysleksi med svekket magnoceller. Dette kan føre til svekket visuospatial arbeidsminne, andre har kanskje større vansker med visuell persepsjon. Individuelle variasjoner i visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi kan derfor forklares av forklaringsmodeller for dysleksi.

Metode: Det ble brukt en systematisk kartleggingsoversikt, kalt scoping review på engelsk. For å kartlegge relevante studier ble det søkt i databaser som Google Scholar, Oria, Pubmed, ERIC, Scopus og så videre. Blant inklusjonskriteriene var fagfelleverderte empiriske studier som undersøkte forskjeller i visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere sammenlignet med en kontrollgruppe uten dysleksi. Alle studiene skulle ikke være eldre enn fra 2012, og alle studiene skulle ha utvalg med alfabetisk skriftspråk. Etter at studiene ble lest og inklusjonskriteriene fulgt, ble relevant data hentet fra studiene. Studiene ble så logisk kategorisert etter overordnede problemstilling. Deretter ble studiene analysert deskriptivt, og tabell med frekvenser og prosent ble laget der det var nødvendig.

Resultat: Totalt 8 studier ble inkludert. I studiene som undersøkte visuospatial arbeidsminne var det ingen signifikant forskjell mellom personer med dysleksi og kontrollgruppen uten dysleksi. I to studier gjorde dyslektikere det svakere i visuospatial arbeidsminne sammenlignet med kontrollgruppen. Ingen studier viste styrker i visuospatial arbeidsminne hos personer med dysleksi. I studiene som undersøkte spatiale ferdigheter gjorde dyslektikere det bedre enn kontrollgruppa i to studier. I tre studier var det ingen forskjell mellom dyslektikere og kontrollgruppa. I studier som undersøkte visuell persepsjon viste dyslektikere styrke i en studie. I en studie ble det ikke funnet forskjell mellom dyslektikere og kontrollgruppe. I to studier gjorde personer med dysleksi det svakere i visuell persepsjon.

Diskusjon: Ulike forklaringsmodeller er med på å belyse visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi. Magnocellulær teori forklarer svekkede magnoceller med svekket visuell prosessering, visuell oppmerksomhet, og dermed svakere visuospatial arbeidsminne. Dette antyder også studiene som undersøkte visuospatial arbeidsminne. Imidlertid kan svekkede magnoceller kompenseres for av hjernen ved å styrke andre celler som sørger for objektkjenning. Dette kan forklare hvorfor personer med dysleksi gjør det bedre i global og holistisk prosessering. En svakhet ved denne kartleggingsoversikten er at de valgte studier ikke vurderes kritisk slik det blir gjort i systematiske oversikter, og kan føre til at studiene med lav kvalitet innlemmes. I tillegg er det kan vanskelig å trekke noen slutning ut fra enkeltstudier, ettersom studieobjektene har forskjellig aldre og kjønn. Også inklusjons – og eksklusjonskriterier kan påvirke oversiktens overførbarhet og validitet.

Avsluttende bemerkning: Dysleksi er en svært heterogenerisk vanske. Derfor er det naturlig å anta at noen personer med dysleksi vil gjøre det bedre i visuospatiale ferdigheter enn andre, mens andre vil det gjøre det svakere. Videre forskning bør innlemme kunnskap om de sammensatte vanskene hos personer med dysleksi i kartlegging av visuospatiale ferdigheter.

Dette er pedagogisk aktuelt, fordi det kan legge til rette for mer differensierte tiltak, og være kompenserende for vanskene.

Innholdsfortegnelse

1.0 Introduksjon	8
1.1 Bakgrunn for oppgaven	9
1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål	13
1.3 Oppgavens oppbygging	13
2.0 Litteraturgjennomgang	14
2.1. Begrunnelse for valg av teori	14
2.1.2 Avgrensing og operasjonalisering av begreper	16
2.1.3 Styrker hos dyslektikere	17
2.2 Hva er dysleksi?	17
2.2.1 Endringer i forståelsen av dysleksi	18
2.3 Visuospatale ferdigheter	23
2.3.1 Spatale ferdigheter	24
2.3.2 Visuospatal arbeidsminne	26
2.3.3 Visuell persepsjon	28
2.4 Visuospatale ferdigheter hos dyslektikere	30
2.4.2 Dysleksi og visuospatal arbeidsminne	32
3.0 Metode	38
3.1 Beskrivelse av systematisk kartleggingsoversikt (scoping review):	38
3.2 Forskningsspørsmål	39
3.3 Inklusjonskriterier	40
3.5 Studiesøk og utvelgelse	42
3.6 Kartlegging av kunnskapsgrunnlaget	43
4.0 Resultater av studiesøk og utvelgelse	44

4.1 Beskrivelse av inkluderte studier	45
4.2 Spørsmål 1: Hvordan uttrykkes visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi sammenlignet med normallesere?	56
4.3 Spørsmål 2: Hvordan kan visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi forstås i lys av ulike forklaringsmodeller for dysleksi?	63
5.0 Diskusjon.....	67
5.1 Hovedfunn.....	67
5.1.2 Oppsummering av funnene	73
5.3 Sterke og svake sider ved kartleggingsoversikten.....	74
5.4 Hvor overførbar er kartleggingsoversikten til norske forhold?	77
5.5 Overensstemmelse med tidligere oversikter	79
5.5 Resultatenes betydning for praksis.....	79
5.6 Avsluttende bemerkninger	81
Referanseliste.....	84
Vedlegg: Søkestrategi.....	102

1.0 Introduksjon

Høsten 2019 ble Stortingsmelding fra Kunnskapsdepartementet “Tett på - tidlig innsats på og inkluderende fellesskap i barnehage, skole og SFO” lagt frem. I meldingen gis konkrete forslag og tiltak for å forberede utdanningssystemet, med forutsetninger som blant tidlig innsats, et godt spesialpedagogisk tilbud, og pedagogiske intervensjoner basert på forskningsbasert kunnskap (Meld. St.6, 2019-2020). Noen av holdepunktene som meldinger viser til er endring i strategier i utforming av tiltak. Tradisjonelt har utforming av tiltakene, ifølge Stortingsmeldingen, tatt utgangspunkt i den enkeltes “mangler”, og tiltakenes formål har dermed vært å “reparere” disse manglene. Imidlertid gis forslag om å kombinere dette med å fokusere mer på individets styrker. Selv om det ikke gis videre implikasjoner av dette perspektivet, tydeliggjøres det at en slik kombinasjon er avhengig av forskningsbasert kunnskap (Meld. St.6).

Norman Geschwind, en pioner innen atferdsnevrologi, var en av de første som kom med hypotesen om at den samme hjernestrukturen som forårsaket vansker hos dyslektikere, også kunne være med på å bidra til ferdigheter innen kreativitet og spatiale ferdigheter (Geschwind, 1982). Dette begrunnet Geschwind med forskjeller i venstre og høyre hjernedel hos dyslektikere som han hadde observert hos avdøde dyslektikere, ettersom dyslektikere viste en mer utviklet høyre hemisfære, som også kontrollerer for visuospatiale ferdigheter (Geschwind, 1982). Geschwind forklarte dermed at styrke i høyres hemsifære hos dyslektikere, kunne forklare anekdoter om hvorfor dyslektikere var høyt representert i kreative yrker som blant annet arkitekter, kunstneriske yrker og ingeniører. Det har blitt postulert at både Einstein og Da Vinci muligens kunne ha dysleksi, og at deres styrker i visuospatiale ferdigheter kunne forklares av det (Dunbar, 2022).

Det er derimot ikke gitt at overrepresentasjon i slike yrker betyr at dyslektikere viser styrke i visuospatiale ferdigheter. En forklaring på det kan heller være at dyslektikere på grunn av sine utfordringer med lese- og skrivevansker, heller søker seg til yrker som er mindre avhengig av leseferdigheter (Winner et al. 2001).

Forskning har vært tvetydig på om dyslektikere har bedre visuospatiale ferdigheter enn personer uten dysleksi. En studie utført av Von Karoltyi et al. (2003) på videregående elever viste at dyslektikere gjorde det bedre enn personer uten dysleksi i visuospatiale ferdigheter, særlig i å gjenkjenne global og holistisk informasjon. Dyslektikere klarte altså ta til seg helhetlig informasjon raskere enn personer uten dysleksi, blant annet ved raskere gjenkjenning av intrikate geometriske figurer (Von Karoltyi et al. 2003).

Andre studier viser derimot at dyslektiker viser vansker i visuospatiale ferdigheter som måler ferdigheter som mental manipulasjon av objekter (Winner et al. 2001; Russeler et al. 2005). En studie utført av Gori et al. (2015) viste at dyslektikere viste vansker med å gjenkjenne visuelle detaljer i bevegelse. Også studier av Boets et al. (2011) kom fram til samme konklusjon. En mulig forklaring kan dermed være at dyslektikere viser styrke i noen visuospatiale ferdigheter, og svakheter i andre visuospatiale ferdigheter. Et oppfølgingsspørsmål blir i så fall hvorfor dette er tilfellet. Von Karoltyi et al (2003) anfører om dette kan være forenlig med årsaken bak dysleksi. For eksempel, antyder Stein (2019) at dyslektikere som har utfordringer i den visuelle prosesseringen, vil gjøre det svakere i tester som måler visuell persepsjon. Dermed vil vanskene uttrykke seg i tester som måler visuospatiale ferdigheter som er avhengig av dette.

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Formålet med denne kartleggingsoversikten er å kartlegge forskningslitteratur som undersøker visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere sammenlignet med personer uten dysleksi. Hensikten med kartleggingsoversikten kan forklares med at kunnskap om hvilke visuospatiale ferdigheter dyslektikere viser styrke i og svakhet i, som nevnt er med på å legge til rette for et mer dekket opplæringstilbud (Goldstein-Marcusohn et al. 2020).

Det er klare pedagogiske implikasjoner hvis dyslektikere viser styrker i en eller flere visuospatiale ferdigheter. I møte med elever som trenger tilpasset opplæring eller spesialpedagogisk hjelp, kan kunnskap om styrker hos individet legge til rette for mer skreddersydde tiltak.

En basis er den styrkebaserte tilnærmingen (engelsk; strength based theory), som legger vekt på at intervensjoner skal basere seg på individets styrker. Dette kan være med på å effektivisere resultatene av intervensjonen (Smith, 2006). For eksempel, sammenlignet Chapleau & Boivin (2019) to type pedagogiske intervensjoner på dyslektikere. Den første intervensjonen var basert på 'remedial approach', som bidro til å styrke manglene hos dyslektikere (i denne sammenhengen fonologiske ferdigheter). Den andre intervensjonen var derimot mer tilnærmet "strenght approach", som heller hadde mål om å utnytte styrkene hos dyslektikere som så kompenserte for vanskene. Resultatet viste at den styrkebaserte intervensjonen økte lese- og skriveferdighetene signifikant bedre hos personer med dysleksi (Chapleau & Boivin, 2019).

Et tilsvarende kan være at dette allerede tas hensyn til. For eksempel er Pedagogisk-psykologisk tjenestes blant viktigste mandat å drive kompensatorisk individrettet arbeid (Samuelsen og Bargel, 2018). I det individrettede arbeidet skal det foreligge sakkyndighetsarbeid om hvilken opplæring som er til det beste for eleven. I tilrådning av tiltak skal PP-tjenesten altså formulere individrettede tiltak ut fra egen kartlegging og utredning, og der tiltakene skal ta utgangspunkt i både elevens styrker og vansker (Samuelsen og Bargel, 2018).

Imidlertid er ikke den individuelle forståelsesrammen uavhengig av forståelsen en diagnose kan gi, altså kan en diagnose som fenomen gi et klarere bilde av vanskene. Dysleksi som diagnose gir dermed en samlebetegnelse på hva vansken består av, og hvilket tiltak som er til best for individet (Tangen, 2008). Diagnostiske kategorier kan dermed hjelpe oss med å forstå individet bedre, og legge til rette for bedre individrettede tiltak (Høstmælingen, 2017). Hvis det eksisterer visuospatiale styrker hos dyslektikere som en enhetlig gruppe, kan det derfor legge til rette for styrkebaserte intervensjoner som gjør tiltaksarbeidet mer effektivt. Det blir dermed gitt at personer med dysleksi har styrke i visuospatiale ferdigheter. Dette gir et klarere forståelse ramme utover den individuelle forståelsen som for eksempel utredning fra PPT gir. Det gjør en i stand til å forstå dyslektikere på en bedre måte.

Det har likevel tradisjonelt sett vært fokus på å finne kjernemangler, såkalt «core-deficits», i vanskene (Astle & Watson, 2020). Årsaken bak dette fokuset har blitt begrunnet med at en ved å finne ut av hvilken mangler en vanske har til felles, så vil det også være med på å legge til rette for effektive intervensjoner som kan fokusere på å stimulere for disse 'manglene' (Avitia, 2019). Utfordringen med å finne empirisk belegg for kjerneelementer er imidlertid at

det sjelden en enkel “kjernemangel” som alle med samme vanske har til felles. Dermed gjør det individrettede arbeidet vanskeligere (Astle & Watson, 2020).

Dysleksi er en slik lærevanske med bred heterogenitet og kompleksitet. Det kan forklares av vanskenes komorbiditet til andre lærevansker og tilstander, som for eksempel ADHD, dyskalkuli, og generelle språkvansker (Zoccolotti, Jong, & Spinelli, 2016). I tillegg er det forskjeller i leseprofiler hos dyslektikere (Zoubinetzky, 2014). Slike individuelle forskjeller gir ikke bare variasjon blant dyslektikere, men gjør det i tillegg vanskeligere å avdekke kjerneelementer som dyslektikere har til felles, både mangler og styrker (Astle & Watson, 2020).

En løsning til denne til heterogeniteten har vært å se på dysleksi som er resultat av undergrupper, altså ‘sub-grupper’ hos dyslektikere, som har forskjellige underliggende vansker, og som forklarer det store spriket av forskningsstudier som årsaksforklarer dysleksi (Stein, 2017). Selv om fonologiske utfordringer er godt studert hos dyslektikere (Snowling et al. 2020), har flere teoretiske tilnærminger forsøkt å forklare underliggende kognitive komponenter som forklarer de forskjellige profilene blant dyslektikere. Blant annet mener *Multirace memory (MTM)* at dyslektikere har vansker som enten kan deles i fonologiske vansker eller vansker innen visuell-oppmerksomhet (Carbonnel, et al. 1998). Andre tilnærminger, som double deficit, mener at RAN (hurtigbenevning) og fonologisk bevissthet er to separate ferdigheter (Wolf & Bowers, 1999), og dermed også kan deles i undergrupper, avhengig av vansken.

Kvalifikasjonene av undergrupper kan forklare homogenerisk markører for dysleksi, og forskjeller i hjernestruktur og nevrobiologi i sammenligning med personer som ikke tilhører disse gruppene. Slike forskjeller kan gi utslag i andre styrker, enten som kompenserende ferdigheter, eller forklare forskjeller som gjør at dyslektikere lærer på en annen måte (Karolyi et al. 2003).

Det interessante er at ulike forklaringsmodeller for dysleksi kan være med å forklare forskjeller i visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere. For eksempel forklarer den magnocellulære teorien om dysleksi som en vanske på grunn av svikt i nerveceller i hjernen kalt magnoceller (Stein, 2001). Disse nervecellene har forskjellige oppgaver og er å finne i ulike deler av hjernen, og er med på å støtte ferdigheter som visuomotorikk, øyebevegelser,

visuell oppmerksomhet og romslig bevissthet (Leng, 1999). Svikt i disse cellene vil derfor kunne svekke flere ferdigheter som er viktig for å kunne utvikle gode leseferdigheter, som visuell oppfattelse av ordgjenkjenning og visuell oppmerksomhet (Stein, 2001), og som igjen vil kunne påvirke visuospatiale ferdigheter som perseptuell organisering (Kotsopoulos et al. 2017). Imidlertid kan også styrker i visuospatiale ferdigheter forklares gjennom magnocellulære teori, for eksempel ved at hjernens nevroplastisitet kompenserer for svekkelsene. Dette kan blant annet forklare hvorfor mange dyslektikere gjør det bedre i global prosessering (Stein, 2019). Disse implikasjonene vil drøftes senere i oppgaven.

Inndelingen i ulike undergrupper avkrefter altså ikke den mest aksepterte tilnærmingen om dysleksi som en fonologisk vanske (Snowling & Melby-Lervåg, 2016), men er med på å forklare andre utfordringer hos dyslektikere utover de fonologiske vanskene (Stein, 2019). I dag forstås dysleksi som en multifaktoriell vanske, og involverer flere risiko og proaktive faktorer (Snowling & Melby-Lervåg, 2016). En forståelse av disse faktorene er med på å legge til rette for bedre opplæring og intervensjoner. For eksempel vil forskjeller i visuospatiale ferdigheter sammenlignet med personer uten dysleksi kunne gi en forståelse av sammenstillingen mellom genene og det observerbare atferden. For eksempel hvordan genene kommer til uttrykk. Hvis dyslektikere gjør det svakere i en type visuospatial ferdighet, eller bedre i en annen type visuospatial ferdighet, kan dermed den underliggende årsaken bak det undersøkes nærmere. Ved styrker i visuospatial ferdigheter kan videre regelmessig eksponering og opplæring som utnytter disse ferdighetene, være kompenserende for svake lese- og skriveferdigheter (Goldstein-Marcusohn et al. 2020).

Denne oppgaven begrunner ikke hensikten med den styrkebaserte tilnærmingen som en kontrast eller motpol til tradisjonelle intervensjoner som setter søkelys på å forberede svake ferdigheter hos dyslektikere. Det er gode vitenskapelige bevis for at eksplisitte intervensjoner som fokuserer på å forberede fonologisk bevissthet, bokstavkunnskap og leseflyt er svært effektive (Snowling et. al, 2020). I tillegg er høyt siterte forskningsstudiene innen dysleksi enige i at “kjernevansker”, som for eksempel innen fonologisk bevissthet, RAN eller arbeidsminne er svekket blant dyslektikere (Snowling & Melby-Lervåg, 2016; Wu et al. 2022). Den fonologiske teorien som årsaken bak dysleksi står sterkt (Share, 2021), og denne oppgaven har ikke som mål å utfordre denne forståelsen.

Denne oppgaven har heller som formål å undersøke visuospatiale ferdigheter med utgangspunkt i forståelsen av dysleksi som multifaktorielle vansker (Helland, 2019). Det betyr at ettersom dyslektikere er en sammensatt gruppe, der både vanskene og årsakene bak vanskene varierer fra individ til individ, så vil ulike årsaker som belyser de sammensatte vanskene være relevant for besvarelse av oppgaven. På den måten aktualiseres oppgavens formål å undersøke hvordan relevante forklaringsmodeller kan forklare eventuelle forskjeller i visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi.

1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

Hovedproblemstillingen er valgt etter retningslinjer fra PCC (populasjon, konsept og kontekst), som følger systematisk kartleggingsoversikt. Hovedproblemstillingen for oppgaven er: “Hvordan stiller forskning seg til dysleksi og visuospatiale ferdigheter?”

Med utgangspunkt i problemstillingen om forhold mellom dysleksi og visuospatiale ferdigheter, formulerer følgende forskningsspørsmål som vil være førende for besvarelse av oppgaven:

- (i) Hvilken type visuospatiale ferdigheter er styrker og svakheter hos personer med dysleksi?
- (ii) Hvordan kan visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi forstås i lys av ulike forklaringsmodeller for dysleksi?

1.3 Oppgavens oppbygging

Oppgavens struktur følger internasjonale retningslinjer for systematisk kartleggingsoversikt (Cochrane, 2022). I tillegg vil relevant litteratur redegjøres for under teoretisk rammeverk. Valg av litteratur begrunnes med utgangspunkt i forskningsspørsmålene: Ettersom oppgavens formål er å undersøke forskning som kartlegger visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere, vil litteratur som belyser ulike forklaringsmodeller for visuospatiale ferdigheter, være relevant for oppgaven. Med dette i bakteppet har oppgaven følgende oppbygging.

I kapittel 2 begrunnes det kort for valget av litteratur, avgrensning og oppklaring av begreper i oppgave. I kapittel 3 redegjøres det for hva dysleksi er og historisk forståelse av dysleksi. I kapittel 4 vil visuospatiale ferdigheter presenteres, før det i kapittel 5 redegjøres for hvordan

visuospatiale ferdigheter kan forstås i lys av forklaringsmodeller og vansker hos personer med dysleksi. I kapittel 6 presenteres metodekapittelet for oppgaven, og det redegjøres kort for hva systematisk kartleggingsoversikt er og hvordan det er med på å belyse forskningsspørsmålene. Videre presenteres kriteriene for inklusjon, eksklusjon, litteratursøk, utvelging, uthenting av data og kartlegging av kunnskapsgrunnlaget. I kapittel 7 vil resultatene av litteratursøket og utvelging av data presenteres, med beskrivelser av litteratursøket og inkluderte studier. I kapittel 8 drøftes hovedfunnene i resultatet i henhold til forskningsspørsmålet og litteraturgjennomgang. Videre drøftes styrker og svakheter ved kartleggingsoversikten, overførbarhet til norske forhold, overensstemmelse med andre oversikter, og resultatene betydning for praksis. Avslutningsvis, kapittel 9, vil funnene oppsummeres, og det vil gis forslag til videre forskning.

2.0 Litteraturgjennomgang

2.1. Begrunnelse for valg av teori

Dysleksi er et resultat av komplekse kognitive prosesser i hjernen, fordi lesing er avhengig av auditiv prosessering, minnefunksjoner, oppmerksomhet og visuospatial prosessering (Share, 2021). utfordringer i en eller flere av disse ferdighetene, vil kunne uttrykkes i lese- og skrivevansker. Selv om flere av de nevnte delferdighetene ikke utelukkende er uavhengige av hverandre, kan forskjeller i disse delferdighetene forklare de sammensatte vanskene hos dyslektikere. Det kan som nevnt innledningsvis forklare hvorfor noen dyslektikere gjør det bedre i enkelte visuospatiale ferdigheter sammenlignet med andre. Derfor er det utelukkende ikke nok til å forstå variasjonen i visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere, uten å belyse relevante forklaringsmodeller som kan forklare sammensatte vansker hos personer med dysleksi, og dermed forskjeller i visuospatiale ferdigheter.

Ettersom ett av forskningsspørsmålene etterspør hvordan forklaringsmodeller for dysleksi kan forklare visuospatiale ferdigheter, kan det antydes at det allerede foreligger en antagelse om at det *er* forskjeller i visuospatiale ferdigheter mellom dyslektikere og personer uten dysleksi. Det er imidlertid ikke tilfellet. Det ville likevel ikke vært unaturlig å fornemme at dysleksi er en kompleks vanske, og at det med det derfor vil være ulike måter å forklare vanskene på.

Disse forklaringene kan videre virke som et 'springbrett' i forklaring av visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi.

Frith (1999) beskriver årsaksmodellene til dysleksi som «The three-level framework». Her blir årsaksmodeller delt i tre nivåer:

1. Det biologiske nivået: Dette inkluderer nevrologiske og strukturelle forhold. For eksempel genetiske forhold eller strukturelle forskjeller i hjernen
2. Det kognitive nivået: Dette blir referert som områder innen nevrokognisjon. For eksempel oppmerksomhet, visuospatiale ferdigheter og eksekutive funksjoner.
3. Symptombildet: Her beskrives hvordan dysleksi uttrykkes i lese- og skriveferdigheter.

Disse nivåene har et gjensidig samspill med hverandre (Frith, 1999). For eksempel vil forklaringsmodeller i et biologisk perspektiv også kunne forklare forskjeller i nevrokognisjon, og deretter hvordan symptomene kommer til uttrykk. Et eksempel kan være at eksisterende biologiske forskjeller mellom dyslektikere og personer uten dysleksi kan forklare forskjeller i det kognitive nivået, som oppmerksomhet eller eksekutive funksjoner. Dette kan så uttrykkes i forskjeller i visuospatiale ferdigheter.

I denne oppgaven vil valg av teori ha årsaksmodellen til Frith (1999) som utgangspunkt. Det betyr ikke at ett nivå prioriteres mer enn et annet nivå, men på grunn av det gjensidige samspillet vil det forsøkes å konsolidere for i denne oppgaven. For eksempel er en årsaksforklaring til dysleksi svekkede magnoceller i området ansvarlig for visuelle prosessering kalt dorsal og ventral strøm (Stein, 2019). Denne tilnærmingen, kalt magnocellulære teori av dysleksi (se. Stein, 2019), forklarer altså vansken dysleksi som et resultat av svekkede celler som er ansvarlig for visuell prosessering (det skal innvendes at magnoceller også eksisterer i det auditive systemet. I oppgaven fokuseres det derimot på visuelle prosessering, ettersom Stein (2019) hovedsakelig har dette fokuset.) Et oppfølgingsspørsmål kan deretter være hva manglende magnoceller (biologisk nivå) betyr for nevrokognisjon som eksempel oppmerksomhet og eksekutive funksjoner (det kognitive nivået) og hvordan det deretter kan uttrykkes i symptomer i visuospatiale ferdigheter (symptomnivået).

Oppgaven er altså basert på *hvilke* og *hvordan*. Oppgavens hovedproblemstilling er *hvilke visuospatiale* ferdigheter som er styrker og svakheter hos personer med dysleksi. Dette vil forsøkes besvares gjennom undersøkelser av valgte empiriske forskningsstudier. Det teoretiske rammeverket har som formål å besvare *hvordan* eventuelle styrker og svakheter kan forklares av forklaringsmodeller til dysleksi. I tillegg vil det redegjøres for hvordan valgte studier forklarer eventuelle styrker og svakheter i visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi. Dette vil eventuelt være konsoliderende med det teoretiske rammeverket.

2.1.2 Avgrensing og operasjonalisering av begreper

Denne oppgaven tar for seg forklaringsmodeller og teori som er relevante for forskningsspørsmålene. Dette avgrenses altså til litteratur etter gjennomtenkte vurderinger. For eksempel, blir *cerebellar deficit theory som mener dysleksi er et resultat av svikt i cerebellum*, utelatt i gjennomgangen. Selv om cerebellum er et hjerneområde som er involvert i læring, balanse og motoriske ferdigheter (Nicolson & Fawcett, 2008), og som på sikt også kan forklare vansker med orientering og navigasjon hos dyslektikere (2008), avgrenses det til teori som er mest relevante for forskningsspørsmålet. Det gjelder særlig magnocellulære teori av dysleksi, ettersom den både står sterkere vitenskapelig enn cerebellar deficit teori (Stein, 2018, Share, 2021), men også fordi den er pedagogisk relevant i forståelse av visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi.

I oppgaven vil ordet personer uten dysleksi som oftest bli omtalt som *normallesere*. Dette er en beskrivelse som kan være lite treffende for lesere som ikke har dysleksi, men som likevel skårer under gjennomsnittet i eventuelle lesetester. Begrepet 'normalleser' kan være derfor være villedende. En eventuell beskrivelse kunne vært ikke-dyslektikere eller personer uten dysleksi. Disse blir likevel omtalt som normallesere ettersom de valgte studier har kartlagt kontrollgruppens leseferdigheter, og som dermed har skåret innafor normalfordelingen. Det er disse som betegnes som *normallesere* i denne oppgaven.

Denne oppgaven betegner personer med dysleksi som enten *dyslektikere* eller *personer uten dysleksi*.

2.1.3 Styrker hos dyslektikere

Flere empiriske studier at dyslektikere utmerker seg i nonverbal kreativitet til sammenligning ikke-dyslektikere (Yan Lam og Tong, 2021). En metastudie gjort med 397 dyslektikere fant ut at de med dysleksi var signifikant bedre i de kreative testene i sammenligning med kontrollgruppen (Majeed et al. 2021). Andre metastudier derimot, har ikke funnet bevis for at dyslektikere er mer kreative enn ikke-dyslektikere (Erbeli et al. 2022). Det er imidlertid vanskeligere å identifisere prosesser som omkranser begrepet kreativitet ettersom det er forskjeller i måten begrepet kreativitet operasjonaliseres på. Det er også langt flere dimensjoner å måle (Horikami og Takahashi, 2022). Kreativitet kan imidlertid identifiseres i visuospatiale ferdigheter, for eksempel gjennom at visuospatiale ferdigheter er avhengig av visuell resonnering og innovativ tenking (Bacon & Handley, 2010). Det er også større enighet om hvordan visuospatiale ferdigheter kan kategoriseres, og som gjør identifisering av visuospatiale ferdigheter mindre komplisert (Bacon & Handley, 2010)

Hvis dyslektikere viser bedre visuospatiale ferdigheter enn normallesere, er spørsmålet om hvorfor det er slik. Ut fra det biologiske perspektivet, kalt *cerebrodiversity hypothesis*, kan det antas at genetisk underliggende som uttrykkes gjennom tid, så vil hjernen kompensere for eventuelle vansker ved å styrke andre ferdigheter (Sherman og Cowen, 2010). Imidlertid kan også vanskene være en kompenserende strategi for dyslektikere. Dette bør sees i lys av at dysleksi er en diagnose som settes etter kartlegging av normalfordelte ferdigheter, og ikke av genetiske eller medisinske tester (Melby-Lervåg, 2018). Dermed er det vanskelig å kartlegge om det i det hele tatt er felles genetiske anliggende mellom dyslektikere, eller om vanskene som uttrykkes er et uttrykk for forskjeller i anatomi som eksisterer hos dyslektikere. I neste del vil begrepet dysleksi redegjøres nærmere for, kort om den historiske forståelsen, og hvordan dysleksi forstås i dag.

2.2 Hva er dysleksi?

Dysleksi er en spesifikk lese- og skrivevansker preget av vedvarende vansker med å lese nøyaktig, og med svekket leseflyt og leseforståelse (Peterson & Pennington, 2015). I ICD-11, den nyeste versjonen av et internasjonalt diagnosesystem Verdens helseorganisasjon (WHO) definerer dysleksi som:

“Developmental learning disorder with impairment in reading is characterized by significant and persistent difficulties in learning academic skills related to reading, such as word reading accuracy, reading fluency, and reading comprehension. The individual’s performance in reading is markedly below what would be expected for chronological age and level of intellectual functioning and results in significant impairment in the individual’s academic or occupational functioning. Developmental learning disorder is not due to a disorder of intellectual development, sensory impairment (vision or hearing), neurological or motor disorder, lack of availability of education, lack of proficiency in the language of academic instruction, or psychosocial adversity.” (WHO, 2023, kapittel 6, 6A03).

I ICD-11 sin versjon, sammenlignet med den tidligere definisjonen av dysleksi (WTF, 1968), er det å finne forskjeller etter hvert som forståelsen av dysleksi har endret seg med videre forskning. Tidligere definisjoner beskrev dysleksi som medfødt og eksisterende på tross av gode intellektuelle forutsetninger. I definisjonen til ICD-11, er imidlertid individets leseferdigheter markant svakere enn det en skulle forvente ut fra kronologisk alder og intellektuell funksjon. Adekvat intelligens er dermed ikke et diskrepanskriterium i definisjonen til ICD-11. I tillegg tydeliggjøres det for at dysleksi ikke hovedsakelig verken er en visuell eller motorisk vanske (WHO, 2023, kapittel 6).

2.2.1 Endringer i forståelsen av dysleksi

Selv om WHO tydeliggjør at dysleksi ikke er visuelle vansker, ble dysleksi tidligere forstått som en vanske med visuelle utfordringer (Helland, 2019). I 1877 undersøkte den tyske øyelegen Rudolf Berlin flere pasienter som ikke kunne lese til tross for normalt syn (Helland, 2019). Berlin beskrev vansken som “Ordblindhet” (oversatt fra: Wortblindheit). I samme beskrivelse blir ordet “dyslexie” brukt (2019). Berlin pekte på vanskene som noe relatert til venstre hjernedel. Senere støttet stadig flere leger seg til at området for dysleksi besto av abnormalitet i venstre hjernedel. (Hinshelwood, 1917; Morgan, 1986). Dermed ble det snarere konsensus for at “ordblindhet” var en medfødt vanske relatert til venstre hjernedel, og at denne vansken uttrykket seg gjennom visuelle utfordringer (Morgan, 1986).

Gjennombruddet kom med forskningsstasjonen Haskins Laboratory Group, som samlet sammen kunnskap innen tale og språkvitenskap, og utviklet begrepet *fonologisk bevissthet*, som ble beskrevet som kunnskapen om lydstrukturen i talespråket, og som var nødvendig for

å kunne lære seg å lese (Lieberman, 1992). Samtidig kom flere forskningsstudier som viste at dyslektikere slet med fonologisk bevissthet, i tillegg til andre utfordringer i hele tatt før lesevanskene oppstod, i dag kjent som: bokstavkunnskap, fonologisk arbeidsminne, nonord repetisjon, og hurtigbenedning av visuelle stimuli (RAN) (Snowling, 1987; Stanovich; 1988). Dette var begynnelsen på en helt annen forståelse av dysleksi, der dysleksi ble sett mer på som en fonologisk vanske, enn som en visuell og visuomotorisk vanske (Helland, 2019). Selv om denne forståelsen for alvor klarte å skape et skarpt skille mellom dysleksi og andre lesevanter (Share, 2021), så var ikke veien til anerkjennelse av dysleksi som en seriøs vanske en lett passasje. Kritikken som fulgte var blant annet at diagnosen dysleksi var et resultat av pseudovitenskap, preget av 'middelklassen-myten', som bestod i at dysleksi var en unnskyldning så foreldre i middelklassen og med gode sosioøkonomiske kår kunne forklare barnets svake lese og- skriveferdigheter med en diagnose (Kirby 2020; Thorwarth, 2014). 'Unnskyldningen' lå i nettopp diskrepans kriteriet som lå til grunn for en dysleksidiagnose. Denne lød som nevnt at dysleksi var en vanske som eksisterte til tross for gode intellektuelle evner. Kritikken bestod dermed av at barn med svake leseferdigheter fremdeles kunne bli sett på som 'intelligente', men barn som hadde samme utfordringer med lesing, men som ikke fylte intelligens-kriteriet, ikke fikk den beskyttede tittelen en dysleksidiagnose ga. Som følge av 'middelklassemyten' ble dermed foreldre med gode sosioøkonomiske kår favorisert. Det lå i kortene at det som oftest var barn fra gode sosioøkonomiske kår som fikk dysleksidiagnose (Kirby, 2020), selv om nyere forskning viser at barn fra lav sosioøkonomiske kår har dårligere utviklet fonologiske ferdigheter enn andre barn (Pressley et al, 2015).

Tidligere var det standardiserte intelligestester som i praksis definerte spørsmålet om kriteriet for dysleksidiagnose var oppfylt. Det involverte kalkulering av forholdet mellom individets avkodningsferdigheter og det nivået som deres IQ-skår kunne predikere. At utfordringene eksisterte uavhengig av intelligens, var nettopp årsaken til at diskrepanskriteriet for dysleksi ikke lenger var valid. Dette fordi forskning viste at dyslektikere - uansett evnenivå, hadde utfordringer med fonologisk bevissthet (Swan & Goswami, 1997). Dermed var primær utfordring hos dyslektikere å knytte språklyder til bokstaver, i tillegg til svekket evne til å lagre fonologiske representasjoner av ord (Rack, Snowling & Olson, 1992). At IQ-skåre ikke var definitiv for fonologiske ferdigheter, var begynnelsen på en moderne forståelse av dysleksi (Helland, 2019).

I dag er det en sterk enighet om at det er en sammenheng mellom dysleksi og svekket fonologisk bevissthet (se kunnskapsoppsummering: Melby-Lervåg, Lyster & Hulme, 2012). Den fonologiske tilnærmingen, på engelsk kalt *the phonological deficit hypothesis* – er den mest siterte teorien om dysleksi (Zhang et al. 2021). Flere forskjellige metastudier, oversikter, og empiriske studier som beskriver den velprøvde teorien (Ehri et al, 2001; Snowling, 1998; Melby-Lervåg, Lyster og Hulme, 2012). Denne tilnærmingen oppfattes i dag som en primærvanske hos dyslektikere, og vil redegjøres nærmere for i neste avsnitt.

2.2.2 Fonologisk svikt som primærvanske

Den fonologiske tilnærmingen forklarer dysleksi som vansker med språklig bearbeidelse på lydnivå, og at kunnskapen om lydstrukturen av språket er nødvendig for å kunne lære seg å lese (Swam & Goswami, 1997). Vanskene med fonologi blir blant annet beskrevet som en vanske innen fonologisk bevissthet som følges av individets bevissthet om språklyder, og evne til å manipulere språklyder fra hverandre (Goswami og Bryant, 1990). Det er antatt at fonologisk bevissthet følger et hierarkisk mønster, fra å kunne isolere enkeltord, til å oppfatte rim og bevissthet om fonemer (Melby-Lervåg et. al. 2012). Hvilken av disse ferdighetene som er essensielt for å lære seg å lese, og hvilke ferdigheter som er biprodukt etter innlærte leseferdigheter, er det imidlertid diskusjon om (Melby-Lervåg, Lyster & Hulme 2012; Milledge, 2019). Noen mener at bevissthet av rim er essensielt for å utvikle leseferdigheter, andre mener at fonemisk bevissthet predikerer barnets avkodingsferdigheter bedre (se Melby-Lervåg, Lyster og Hulme, 2012). I studien til Melby-Lervåg, Lyster og Hulme (2012), delte imidlertid fonemisk bevissthet best korrelasjon ($r = .57$) med forskjeller i barnets avkodingsferdigheter, sammenlignet med bevissthet om rim (.43) og verbalt korttidsminne (.34).

Margareth Snowling et al. (1989) la til det overordnede begrepet “fonologisk prosessering” som en felles primærfaktor for dysleksi. Dette består av fonologisk bevissthet, rask fonologisk gjeninnhenting og fonologisk verbalt minne (Snowling et. al. 1989). Denne kategoriseringen underbygges av at dyslektikere som har utfordringer med fonologisk bevissthet, også har vansker med oppgaver som handler om å raskt gjenkjenne fonologiske representasjoner som tall og symboler, og å huske sekvenser av bokstavlyder (Snowling et al. 1989). Den svake fonologiske prosesseringen påvirker også ferdigheter som har med å gjeninnhente kunnskap fra det mentale leksikonet, som er en slags “ortografisk leksikon” bestående av ortografiske

representasjoner. Det kan forklare hvorfor mange dyslektikere har utfordringer i oppgaver som måler fonologisk gjeninnhenting og hurtig gjenkjenning (RAN) (Snowling, 1998).

Den fonologiske tilnærmingen mener at ved svake fonologiske representasjoner, så vil heller ikke avkodingen automatiseres, og den automatiserte ortografiske avkodingen vil være svekket. Dette forklares av at fonologiske representasjoner er essensielt for fonemisk bevissthet, og videre for å lære seg å lese. En viktig teoretisk tilnærming som forklarer bevissthet om fonemer er det alfabetiske prinsipp, der leseren er avhengig av å forstå at alle grafemer representeres av et fonem. Ettersom bokstaver i alfabetiske skriftspråk representerer fonemer, så må barnet være beherske det alfabetiske prinsipp for å lære seg å lese (Melby-Lervåg, Lyster, og Hulme, 2012). Dermed vil det med manglende fonologiske representasjoner ha vansker med å knytte fonem til grafem, og dermed vil det alfabetiske prinsipp hos barnet ikke beherskes på et adekvat nivå.

Videre gjør det også utfordrende for dyslektikere umiddelbart å gjenkjenne bokstaver og ord. Det er mangel på disse fonologiske representasjonene, som kan forklare hvorfor mange med dysleksi har utfordringer med å holde språklig materiale i arbeidsminnet (Høien & Lundberg, 2000). At svakheter i arbeidsminnet har en fonologisk basis, støttes av at det er den verbale delen av arbeidsminnet som er svekket, og ikke den arbeidsminnet som kontrollerer for visuell korttidshukommelse (Pickering, 2006; Cain, 2010).

Svakheter i alle eller deler av fonologisk prosessering kan forklare heterogeniteten blant dyslektikere (Kuerten et al, 2020). For eksempel kan en dyslektiker ha større vansker med fonologisk arbeidsminne, sammenlignet med en annen dyslektiker som har mer utfordringer med hurtigbenedning (RAN). Dermed vil lesevanskene, for eksempel i leseflyt, i teorien kunne uttrykkes forskjellig.

I dag baseres diagnosen av dysleksi seg på en normalfordelingskurve, og utfordringene, enten det er i fonologisk bevissthet, arbeidsminne eller RAN, og baserer seg på det 'kuttet' som bestemmer en diagnose (Protopapas & Parrila, 2018). Det var et resultat fra den kognitive revolusjonen, der dysleksi fra å være noe som hovedsakelig iakttok medisin og med en biologisk forståelse, til en forståelse av at ferdigheter var individuelle og noe som kunne normalfordeles (Helland, 2019).

Det betyr at avkoding, som alle andre ferdigheter, følger denne normalfordelingskurven. Dette i seg selv utfordrer ikke synet på dysleksi som en nevrobiologisk tilstand. For alvorligheten av

kjernevanskene, for eksempel i fonologisk prosessering, kan likevel være på grunn av forskjeller i anatomi i motsetning til andre med ikke så alvorlige avkodingsvansker (M. Kearns et al. 2019). Det gjør imidlertid genetiske faktorer vanskeligere å avdekke, fordi andre kognitive markører kan være helt forskjellige, selv om to individer har like store avkodingsvansker (Share, 2021).

I tillegg kan eventuelle nevrobiologiske forskjeller mellom dyslektikere og personer uten dysleksi seg selv være vanskelig å tolke, fordi disse forskjellene kan være resultat av manglende eksponering for tekst hos dyslektikere, og ikke nødvendig årsaken til leseutfordringene (Share, 2021).

Det følger med at avvik i fonologiske prosesser eller RAN ikke bare gjelder dyslektikere, men at de fonologiske vanskene og utfordringer med RAN, også gjelder individer som har lese og skrivevansker, men ikke når 'kuttet' i normalfordelingen som gir diagnosen dysleksi (Stein, 2017). Forklaringen på dysleksi som en fonologisk vanske, enten RAN er en separat kognitiv enhet eller ikke, blir ifølge Stein (2017) dermed beskrivende, uten å ta hensyn til de underliggende mekanismene som er årsaken til symptombildet.

Imidlertid er det noen markører som kan predikere senere lesere og skrivevansker. Snowling & Melby-Lervåg (2016) konkluderte gjennom en metaanalyse med 15 studier at barn som hadde minst en foreldre eller søsken med dysleksi, selv hadde 50 % sjanse for å utvikle dysleksi. Spørsmålet om hvorfor den resterende halvparten ikke utvikler dysleksi, kan gi informasjon om risiko og beskyttelsesfaktorer som kan legge til rette for bedre intervensjoner. Flere av risikofaktorene er allerede å se hos spedbarn med familierisiko for dysleksi, med svakheter i blant annet fonemisk bevissthet i førskolealder, og utfordringer med fonologisk prosessering, RAN, eller svakheter i det verbale språket (Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Imidlertid kan faktorer som sosioøkonomisk bakgrunn, kvalitet på skole, hjemmemiljø med fokus på 'literacy', som blant innebærer foreldrenes forhold til bøker, og hvor mye foreldrene leser for barna, tilhøre alle miljøfaktorer som kan påvirke leseferdigheter, og kan være beskyttende faktorer for barn med familiær risiko for å utvikle dysleksi (Snowling & Melby-Lervåg, 2016). I tillegg kan individuelle forskjeller, som for eksempel intelligens, gode eksekutive funksjoner og RAN også fungere som beskyttelse faktorer som gjør at genene ikke 'aktiveres' (Klinkenberg, 2017).

Selv om den fonologiske tilnærmingen til dysleksi er godt kjent og velprøvd teori i forskningsmiljøet, forstås dysleksi i dag som nevnt som en sammensatt og multifaktoriell vanske (Share, 2021). På grunn av denne sammensetningen, har ulike forklaringsmodeller forsøkt å forklare forskjeller i vansker hos dyslektikere, blant annet ved å kategorisere dyslektikere i ulike undergrupper, eller sub-types (Kearns et al. 2019). For eksempel deler Wolf og Bowers (1999) dyslektikere i tre grupper: dyslektikere som kun sliter med fonologiske ferdigheter, dyslektikere med utfordringer i RAN, og dyslektikere med vansker i begge (se kapittel om dyslektikere og visuell persepsjon). Det sammensatte bildet av utfordringer hos dyslektikere kan også forklare forskjeller visuospatiale ferdigheter. For eksempel, kan dyslektikere med utfordringer i RAN gjøre det svakere i tester som måler lokal prosessering, altså gjenkjenning av detaljer (Winner et al. 2001; Goldstein-Marcusohn et al. 2020).

Et oppfølgingsspørsmål er hvorfor det er slik, og hvordan andre forklaringsmodeller enn den fonologiske, kan underbygge forskjeller i visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere. I neste del vil det redegjøres nærmere for visuospatiale ferdigheter, og visuospatiale ferdigheter i lys av de sammensatte vanskene hos dyslektikere.

2.3 Visuospatiale ferdigheter

Visuospatiale ferdigheter er essensielt for å oppfatte og presisere objekter, lokalisere mål i rommet, og til å forstå to og tredimensjonale ting rundt oss (Bruin et al. 2016). Disse ferdigheter er derimot ikke en enkel ferdighet, men bestående av flere komponenter som til sammen kan beskrives som visuospatial prosessering.

I en empirisk studie som undersøker forskjeller i visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere, velger Duranovic et al. (2015) å inndele visuospatiale ferdigheter i fire underkategorier: visuell hukommelse, visualisering, mental rotasjon og global visuell prosessering. Slike inndelinger er viktig for å finne ut av hvilke visuospatiale ferdigheter som dyslektikere viser en styrke eller svakhet i. En oversikt som fokuserte på leseutfordringer og visuospatiale ferdigheter, valgte å inndele visuospatiale ferdigheter i spatial visualisering, spatial rotasjon og perseptuell tenkning (Gilger et al. (2016). En metastudie av Chamberlain et al. (2018) som tok for seg 29 studier rundt dyslektikere og visuospatiale ferdigheter tok utgangspunkt i kategoriene til både Duranovic et al. (2015) og Gilger et al. (2016), og inndelte visuospatiale

ferdigheter i følgende taksonomi: *visuell hukommelse*, bestående av visuell korttids-og langtidshukommelse, '*imagery*', bestående av spatial rotasjon og visualisering, og *visuell persepsjon*, som bestod av lokal prosessering og perseptuell organisasjon (engelsk: perceptual organisation). Beskrivelsene for disse inndelingene er det samme, bortsett fra at termene har forskjellige navn.

Denne oppgaven bygger dermed på inndelingen til nevnte studier og litteratur, men særlig etter inndelingen av Chamberlain (2018) og fagboken *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking* (Shah og Miyake, 2012, s. 171). I sistnevnte kategoriseres visuospatiale ferdigheter i spatiale ferdigheter visualisering/spatial rotasjon, visuospatial arbeidsminne, og visuell persepsjon. Med disse inndelingene i bakteppet, vil følgende visuospatiale ferdigheter være gjennomgående i hele oppgaven: *spatiale ferdigheter visuospatial arbeidsminne og visuell persepsjon*.

2.3.1 Spatiale ferdigheter

Spatiale ferdigheter kan deles i visualisering og mental rotasjon (Shah og Miyake 2012). Visualisering og mental rotasjon innebærer å visualisere og rotere visuell informasjon i minnet, for eksempel ved å rotere et objekt i hodet. Et eksempel for visualisering kan være å tenke hvordan gjenstander kan pakkes i en koffert på en effektiv måte (Bruin et al. 2016). Mental rotasjon handler om å rotere eller manipulere et objekt i to eller tredimensjonalt rom. Visualisering og mental rotasjon inngår i kategorien *spatiale ferdigheter*.

Kartleggingen av disse ferdighetene skjer ifølge (Shah og Miyake, 2012) gjennom tester som måler *spatiale ferdigheter* og tester som måler *visuospatial hukommelse*. Dette er fordi tester som måler spatiale ferdigheter som visualisering og mental rotasjon, også er avhengig av visuospatial arbeidsminne ettersom en må holde objektet i minne for å kunne manipulere det (Shah og Miyake, 2012).

Castro-Alonso et al. (2019) grupperer spatiale ferdigheter slik: 3D mental rotasjon, 2D mental rotasjon, mental folding, og field independence. Beskrivelsene av disse ferdighetene kan sees i tabellen under, med utgangspunkt i hvordan Castro-Alonso (2019, s. 27) beskriver det, og støtte fra annen litteratur (Thurstone, 1950; Shepard & Metzler, 1971; Hyun, et al. 2007). I

tillegg skisseres eksempler på kjente kartleggingstester som brukes for å måle spatiale ferdighetene.

Tabell 1: *Beskrivelse av spatiale ferdigheter (Castro-Alonso, 2019, s.27)*

Spatiale ferdigheter	Beskrivelse	Kjente kartleggingstester
2D mental rotation	Mental visualisering og rotering, for eksempel av en oppfattet figur i todimensjonalt plan.	Card Rotation Test, Mirror Pictures
3D mental rotasjon	Mental visualisering og rotering, for eksempel av en oppfattet figur i et rom, i tredimensjonalt plan.	Mental Rotations Test, Purdue Visualization Test, Cube Comparisons Test,
Mental folding	‘Bretting’ av mentale representasjoner, som for eksempel et papirfly, og å visualisere og manipulere objektet i minnet.	Paper folding test, Spatial Visualization
Field independence	Evnen til å identifisere og isolere deler av visuell informasjon fra helheten.	Hidden figures test, Find a shape puzzle

Selv om Castro-Alonso (2019) inndeler ulike spatiale ferdigheter i fire underkategorier, deler disse kategoriene flere likheter. For eksempel, involverer både mental rotasjon og mental folding en mental manipulering og en mental endring av objekter (for eksempel figurer), og begge ferdigheter involverer evnen til å kunne bevege objektet mentalt, for eksempel ved å visualisere hvordan et brettet papirfly kan se ut utbrettet (eller omvendt) (Uttal, et al. 2013). Derfor er det også en korrelasjon mellom skårene på spatial rotasjon og mental folding (Castro-Alonso, 2019). Det er likevel forskjeller mellom disse delferdighetene, som at mental rotasjon avhenger mer av eksekutive ferdigheter, som for eksempel oppmerksomhet, planlegging og problemløsning, enn det mental folding gjør. Dette kan forklares av at for å holde et objekt i minne for videre manipulering, er det blant annet viktig å planlegge, holde oppmerksomheten på objekter som roteres, og huske detaljene (Castro-Alonso, 2019). En

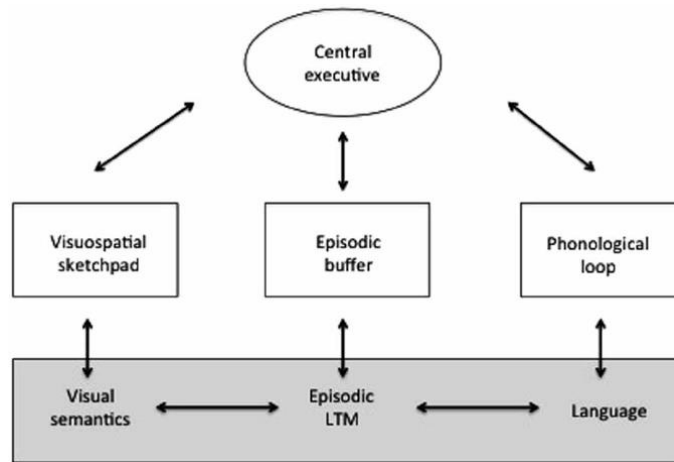
annen forskjell er også at menn gjennomsnittlig gjør det bedre i spatial rotasjon enn mental folding (spesielt 3D mental rotasjon) (Lauer et al. 2015).

Kjønnsforskjeller gjelder ikke bare i mental rotasjon. Visuospasiale forskjeller kan uttrykkes forskjellig etter kjønn, og som kan være med å forklare den store variasjonen blant dyslektikere (Chamberlain et al. 2018). For eksempel gjør flere menn det bedre i visuospasiale ferdigheter enn kvinner, særlig i visuospasiale ferdigheter som visualisering og spatial rotasjon (Brunswick et al. 2010). Dette betyr derimot ikke at menn generelt har *bedre* visuospasiale ferdigheter enn kvinner. Det er nemlig slik at menn generelt viser større variasjon hver for seg enn det kvinner gjør, som ligger nærmere gjennomsnittet i en normalfordelingskurve (Shah og Miyake, 2012). Dermed vil det være flere menn som viser styrke i visuospasiale ferdigheter, men også flere menn enn kvinner som gjør det svakere enn kvinner i visuospasiale ferdigheter (2012).

4.3.2 Visuospasial arbeidsminne

Visuospasial arbeidsminne er nødvendig for å kunne manipulere visuell informasjon, og for å kunne orientere seg og navigere seg i rommet. Ettersom den visuelle informasjonen som prosesseres, som regel ikke er tilgjengelig, er det nødvendig å holde det i minnet for å kunne prosessere det (Castro-Alonso, 2019). Alle visuospasiale ferdigheter involverer bruk av det som kalles visuospasial skisseblokk (engelsk: visuospasial sketchpad) (Castro-Alonso, 2019). Dette handler altså om å gjenkalle visuell informasjon i minnet, og kunne utnytte det.

Alan Baddeley (1974) beskriver visuospasial skisseblokk som en del av arbeidshukommelsen. Her inndeles visuospasial skisseblokk (engelsk: visuospasial sketchpad), sammen med det verbale arbeidsminnet (engelsk: phonologic loop). Eksekutive funksjoner fungerer som et overordnet støtteelement. I tillegg har en fjerde komponent, 'episodic buffer' blitt lagt til i modellen senere (se figur N), som fungerer som en tilrettelegger fra korttidshukommelse til langtidshukommelse, og innlemmer informasjon fra sansene (Baddeley, 2000).



Figur 1: Den reviderte modellen av arbeidsminnet (Baddeley, 2000).

Den fonologiske loopen handler om hvordan en holder og prosesserer verbalt og auditiv informasjon, og det er ofte dette arbeidsminnet som har blitt koblet til dyslektikere, ettersom denne gruppen ofte gjør det dårligere på oppgaver som måler verbalt korttidsminne (Gray et al. 2019). På samme måte som den fonologiske loopen er viktig for å holde verbal informasjon i minnet, er den visuospatiale skisseblokken viktig for å holde den visuelle informasjonen i minnet.

Den visuospatiale skisseblokken er altså den midlertidige lagringen av visuell og spatial informasjon, og som er uavhengig av den fonologiske loopen (Baddeley, 2000). Den visuospatiale skisseblokken kan deles inn i to komponenter: den *visuelle* delen, som tar for seg informasjon og minne om farger, former og mønster, og den *spatiale* delen, som kan beskrives som informasjon og minne om en posisjon, og bevegelsen til posisjonen, for eksempel plassen til et objekt fra en siste observerte det (Darling et al. 2007). Denne inndelingen er ikke tilfeldig, men et resultat av hvordan hjernen bearbeider visuell informasjon, kalt ventral og dorsal strøm. Dette vil redegjøres nærmere i avsnittet om visuell persepsjon.

Spørsmålet om den visuelle og den spatiale delen av visuospatial hukommelse er uavhengige har vært til gjenstand for faglige diskusjoner (Henry, 2011), fordi tester som kartlegger visuelle eller spatiale tester, også indirekte testen den andre delen (Castro-Alonso, 2019). Derfor er det ikke et absolutt entydig skille mellom visuelle og spatiale tester. Det finnes imidlertid tester som måler mer av spatial eller visuell hukommelse mer enn den andre typen, for eksempel *Corsi Block Tapping Test*, som måler den spatiale arbeidshukommelsen mer enn

den visuelle, og (Milner, 1971; Corsi, 1973), eller *Visual Pattern test* (Della sala et al. 1999), som måler mer av den visuelle delen av arbeidshukommelsen. Den visuelle hukommelsen er mindre avhengig av eksekutive funksjoner som oppmerksomhet, og mer avhengig av umiddelbart objektgjenkjenning, enn den spatiale hukommelsen. Dermed kan det impliseres at den spatiale hukommelsen er mer kognitivt krevende (Castro-Alonso, 2019).

2.3.3 Visuell persepsjon

Det har blitt implisert at det er mulig å persipere gjennom to prosesseringmoduser: globalt eller lokale systemer (Forster et al. 2010). I global prosessering oppfattes former, gjeninnhenter kunnskap fra langtidshukommelsen og innlemmer dette med informasjonen som oppfattes (Forster et al. 2010; Goldstein-Marcusohn et al. 2020). Gjennom lokal prosessering oppfattes det detaljer i objektene, for eksempel i et bilde (Forster et al. 2010; Goldstein-Marcusohn et al. 2020).

For visuospatiale ferdigheter, er både det lokale og det globale prosesseringssystemet relevant i det overordnede kategorien visuell persepsjon. Den visuelle informasjonen prosesseres i to forskjellige 'strømmer' (R.Sheth og Young, 2016; Alipour, 2021). Disse to forskjellige strømmene kalles dorsal og ventral strøm (Milner og Goodale, 1992). Dette kalles to-strøms hypotesen. Dorsal stream, ofte omtalt som 'hvor-strømmen', er ansvarlig for oppfatning og persepsjon av bevegelse, mens ventral-strømmen, ofte omtalt som "hva-strømmen", er ansvarlig for gjenkjenning og identifikasjon av objekter (1992).

Dorsal strøm er altså ansvarlig for hvordan bevegelse oppfattes. Dette gjør det mulig for individet å følge objekter og navigere seg i en dynamisk verden (Milner og Goodale, 1992). Beskrivelsen av Dorsal strøm som en "hvordan-strøm" kommer imidlertid av senere forskning som viser at dorsal-strøm ikke bare er essensielt for oppfatning, men at den i tillegg danner representasjonen av objektet en ønsker å manipulere (Milner og Goodale, 1992). Dermed er dorsal strøm også viktig for spatiale ferdigheter som visualisering og mental rotasjon (Whitwell et al. 2014).

Dorsal strøm er en viktig pilar for å forstå visuospatiale ferdigheter, fordi dorsal strøm strekker seg til hjerneområder som er koblet til eksekutive funksjoner og visuospatiale

skisseblokken (Zachariou et al. 2013). Det betyr at svekkelser i dorsal strøm kan påvirke eksekutive funksjoner og visuospatial korttidsminne, og som igjen kan ha betydning for visuospatiale ferdigheter (Zachariou et al. 2013).. Studier viser nemlig at dyslektikere viser svakheter i dorsal strøm (Gori et al. 2014; Lawton, 2016, Stein 2019).

I motsetning til dorsal strøm, er ventral-strøm ansvarlig for objektgjenkjenning. Dette kan være detaljer som farger eller størrelse. Denne delen av visuell prosessering har altså lagret informasjon om detaljer ved objektet, som kan gjenkjennes umiddelbart, og gjør at den kognitive kapasiteten heller kan brukes på å forstå sammenhengen mellom objektet og andre inntrykk (Zachariou et al. 2013). Det er særlig lokal prosessering som påvirkes av ventral strøm, altså evnen til å oppfatte detaljer (Goldstein-Marcusohn et al. 2020). Men også evnen til å oppfattes former, gjeninnhente kunnskap fra langtidshukommelsen og innlemmer dette med informasjonen som oppfattes (Goldstein- Marcusohn et al. 2020), er avhengig av ventral strøm. Denne måten å oppfatte ting på, altså gjennom holistiske former eller representasjoner, kalles det som ble gjennomgått tidligere som global prosessering (Goldstein-Marcusohn et al. 2020).

Ettersom visuell persepsjon refererer til hvordan hjernen prosesserer visuell informasjon, er begge disse visuelle strømmene viktige for å forstå prosessen. Det er nemlig gjennom øynene, mer spesifikt retina, at øynene først mottar informasjon fra omverdenen (Stein, 2019). Dette går videre til andre visuelle prosesseringskanaler der den visuelle informasjonen som hjernen mottar tolkes (Stein, 2019).

Ettersom dorsal strøm er ansvarlig for hvordan bevegelse oppfattes, har den visuelle prosesseringen og persiperingen en betydning for navigasjon og orientering. Navigasjon kan beskrives som evnen til å kunne bevege seg i et større område som hvor det spatiale forholdet ikke kan forstås fra en ubevegelig vinkel. Orientering viser til evnen til å kunne forestille seg objekter fra et annet perspektiv (Braddick, 2001). Felles for visuell persepsjon er at det er individets perspektiv som endres ved bevegelse, objektets spatiale relasjon er derimot ikke i bevegelse (Braddick, 2001). Dermed kobles dorsal strøm med visuell persepsjon også seg til navigasjon og orientering. Det kan også forklare hvorfor mange personer med dysleksi har utfordringer med navigasjon og orientering (Stein, 2019).

Det er viktig å påpeke at navigasjon og orientering innlemmer informasjon fra andre sensoriske innganger, som auditive prosesser og balanseorganet (Lamber, 2011). På samme måte som andre visuospatiale ferdigheter, spiller også visuospatial arbeidsminne en rolle for navigasjon og orientering ferdighetene. Dette fordi man må huske på den spatiale informasjonen underveis for å kunne navigere seg videre (Kravitz et al. 2012).

I tillegg korrelerer navigasjon og orientasjon med spatiale ferdigheter som mental rotasjon og visualisering (Mitolo et al. 2015). En studie viste for eksempel at spatiale ferdigheter som mental rotasjon og mental folding predikerte navigasjon og orienteringsferdigheter hos en jegergruppe (2015). En annen studie utført av Boccia et al. (2016) som involverte 50 deltakere uten kjente vansker, viste at skårene i field indepenence korrelerte med ferdigheter i navigasjon. De som gjorde det bra i tester som målte field indepenence, gjorde det også bedre i tester som målte navigasjonsferdigheter, uansett kjønn (Boccia et al. 2016). Det er gjennomgående at visuospatiale ferdigheter deler en sterk korrelasjon til hverandre. Styrker eller svakheter i visuospatial ferdighet, kan derfor i teorien 'smitte' andre type visuospatiale ferdigheter (Boccia et al. 2016).

Den delte samvariasjonen blant ulike visuospatiale ferdigheter kan forklares av at tester som måler spatiale ferdigheter, også indirekte tester den visuospatial skisseblokk som visuospatiale ferdigheter er avhengig av (Castro-Alonso, 2019). I tillegg korrelerer visuospatial arbeidsminne med eksekutive funksjoner som visuell oppmerksomhet og planlegging (Feng et al. 2012; Valls-Serrano et al. 2022). Dermed vil styrker eller vansker i disse støtteferdighetene kunne uttrykkes med forskjeller i visuospatiale ferdigheter. For eksempel, kan personer med utfordringer innen visuell oppmerksomhet, også ha utfordringer med å rotere og manipulere objekter i minnet (Castro-Alonso, 2019). Tester som måler visuospatiale ferdigheter har altså en korrelasjon til hverandre, selv om det ikke har vært like entydig hvilke visuospatiale ferdigheter som er sterkest korrelert til hverandre (Castro-Alonso, 2019).

2.4 Visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere

I dette kapittelet vil det redegjøres for sammenhengen mellom dyslektikere og ferdigheter som er avhengige for visuospatial ferdigheter. Dette vil sees i lys av ulike forklaringsmodeller som kan forklare styrker og svakheter i komponenter som er av betydning for visuospatiale

ferdigheter. Dette kapittelet grupper med samme inndeling som gjennomgangen om visuospatiale ferdigheter: dysleksi og visuospatial arbeidsminne, dysleksi og spatiale ferdigheter, og dysleksi og visuell persepsjon.

2.4.1 Dysleksi og spatiale ferdigheter

Ettersom spatiale ferdigheter som visualisering og spatial rotasjon, stilles det flere krav til eksekutive funksjoner, og da særlig arbeidsminnet. Det er som nevnt viktig for å holde et objekt i minne for videre manipulering, ettersom det krever planlegging, holde oppmerksomheten på objekter som roteres. Dyslektikere som har utfordringer med eksekutive funksjoner, vil også da kunne gjøre det svakere i tester som måler visualisering og spatiale ferdigheter (Wang & Yang, 2011). Dermed kan det være med å forklare forskjeller i visuell persepsjon og forklare visuospatiale ferdigheter som mental rotasjon hos dyslektikere. For eksempel, viste en studie av Russeler et al. (Chamberlain, 2018) at det var stort sprik blant dyslektikere i kartleggingsverktøy som testet mental rotasjon. Noen dyslektikere gjorde det svakere enn personer uten dysleksi, andre gjorde det betydelig bedre sammenlignet med samme gruppe (2018).

Det kan stilles spørsmål ved om årsaken til disse forskjellene kan forklares av forskjeller i eksekutive ferdigheter hos dyslektikere. En studie av Winner et al. (2001) viste at dyslektikere gjorde svakere i mental rotasjon og visualisering, selv etter å ha blitt moderert for eksekutive ferdigheter som visuell oppmerksomhet. En annen studie, også utført av Winner et al. (2003) viste imidlertid at dyslektikere gjorde det bedre tester som måle global prosessering, altså evnen til å visualisere, selv om tester som måler slike ferdigheter også krever eksekutive funksjoner. Det sprikende resultatet kan antyde at eksekutive funksjoner spiller en liten rolle for enkelte visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere. Imidlertid viser studier at visuospatiale ferdigheter og eksekutive funksjoner generelt er sterkt korrelerte med hverandre (Miyake et al. 2001; Kyttälä og Lehto, 2008). Metaanalysen til Linn og Petersen (1985) viste at eksekutive funksjoner var en sentral bidragsyter til hvor godt en utfører oppgaver som måler mental rotasjon og visualisering.

2.4.2 Dysleksi og visuospatial arbeidsminne

Tidligere var ikke visuospatial arbeidsminne tenkt som en relevant ferdighet for å kunne lese. Det er imidlertid viktig for å prosessere visuell informasjon som må lagres i korttidsminnet, særlig ved avkoding av lange, fremmede ord (Westerberg og Klingberg, 2007). Selv om utfordringer hos dysleksi med arbeidet hovedsakelig har vært tilknyttet den fonologiske loopen (se Baddeley arbeidsminnemodell figur 1), har noen studier indikert at dyslektikere også har utfordringer med visuospatial arbeidsminne (Bosse og Valdois, 2009; Giovagnoli et al; 2016). Andre studier har imidlertid vist at dyslektikere ikke gjør det dårligere enn personer uten dysleksi i tester som måler visuospatial arbeidsminne (Fischbach et al. 2014).

Det er flere studier som har eksaminert forholdet mellom visuospatial arbeidsminne og eksekutive funksjoner, og funnet en sterk samvariasjon mellom disse ferdighetene (Miyake et al. 2001; Brown et al. 2012, Wang et al. 2018). Disse studiene støtter Baddeley sin arbeidsmodell (2001).

Dyslektikere har ofte svekkelse i eksekutive funksjoner som planlegging og oppmerksomhet (Horowitz-Kraus et al. 2016). For eksempel viste en studie som scannet hjernen til dyslektikere og personer uten dysleksi, at dyslektikere viste mindre aktivitet i hjerneregioner som kontrollerte for eksekutive funksjoner (Brosman et al. 2002). Dermed er eksekutive funksjoner relevant ikke bare for visuospatial arbeidsminne, men også visuospatiale ferdigheter (Barbosa et al. 2019). Dette fordi flere komponenter i eksekutive funksjoner som regulering av atferd, oppmerksomhet, planlegging, organisering og arbeidsminne er viktige i visuospatiale evner (Barbosa et al. 2019).

Det er særlig visuell oppmerksomhet som er relevant for dyslektikere, ettersom dette er viktig for lesing og også dyslektikere kan ha utfordringer med. Visuell oppmerksomhet kan kort beskrives som prosessen hvor ett mål av flere konkurrerende og forstyrrende inntrykk velges som hovedfokus (Heitz et al. 2007). Det spiller en sentral rolle når en leser, fordi oppmerksomheten må rettes mot ordene og teksten for å danne mening (Peters et al. 2019). Flere studier viser at dyslektikere har utfordringer med visuell oppmerksomhet (Lawton 2016; Peters et al. 2019; Vidyasagar, 2010; Franceschini et al. 2022). Blant annet viste en systematisk oversikt på 18 studier at trening i visuospatial oppmerksomhet også forbedret leseferdighetene hos dyslektikere (Peters et al. 2019). Enkelte forskere har til og med antydnet

at dyslektikere med visuell oppmerksomhet er egen subgruppe innen dysleksi, uavhengig av den fonologiske vanskeligheten (Bosse et al, 2007; Vidyasagar, 2019). Dyslektikere som har vansker med visuell oppmerksomhet, kan derfor også gjøre det svakere i tester som måler visuospatiale ferdigheter. For eksempel er det nødvendig å ha oppmerksomheten på objektet i minnet når det manipuleres, ettersom forstyrrende elementer kan gjøre det prekært. Dermed kan det antas at dyslektikere som har utfordringer med visuell oppmerksomhet, også vil gjøre det svakere i ferdigheter som måler visuospatial arbeidsminne og spatiale ferdigheter som mental rotasjon og visualisering.

2.4.3 Dysleksi og visuell persepsjon

Visuell persepsjon handler som nevnt om å kunne prosessere visuell informasjon, og er essensiell når vi for prosessering av visuell informasjon, men også orientering og navigering. Dette fordi hjernen konstant prosesserer informasjon i den virkelige verden, og som hjelper med å endre fokus (McManus og Harris, 2021). Ferdigheter som navigasjon og orientering gjelder ikke bare i fysisk tilstand, men også i bevegelse av øynene (Castro-Alonso, 2019). Dette kalles visuomotoriske ferdigheter (Stein, 2019).

Utfordringer med visuell persepsjon, og særlig visuomotoriske ferdigheter, har blitt brukt til å forklare utfordringer hos dyslektikere som en primærårsak. *Magnocellulære teorien om dysleksi* (Stein, 2001, 2018, 2019) forklarer dysleksi som er resultat av utfordringer med visuell prosessering, på samme måte som fonologisk tilnærming forklarer dysleksi med vansker i fonologisk prosessering. Stein hevder at vansker med visuell prosessering forårsakes av dysfunksjonelle magnoceller. Magnocellulære celler er nerveceller som er ansvarlige for å behandle raske og sekvensielle visuell og auditive stimuli (auditiv noe begrenset) (Stein, 2019). Dette kan ifølge Stein (2019) forklare hvorfor mange dyslektikere ikke bare har utfordringer med å prosessere visuell informasjon, men også har utfordringer med retningssans og med å orientere seg i fremmede områder. Dette er fordi magnoceller også befinner seg i områder som har ansvar for orientering og navigasjon. Dette området ble redegjort for tidligere, kalt dorsal strøm (engelsk: *Dorsal Stream*) (Milner og Goodale, 1992).

De fleste magnocellene befinner seg altså i dorsal strøm. Det forklarer Stein (2019) som et tyngdepunkt i magnocellulære teori for dysleksi, ettersom svekket magnoceller i dorsal stream gir utfordringer med øyebevegelser hos dyslektikere. Den trege visuelle sekvenseringen fører

igjen til utfordringer med visuell oppmerksomhet. Det er som nevnt empiriske studier som viser at visuell oppmerksomhet er svekket hos dyslektikere (Harrar et al. 2014; Vidyasagar, 2019) Vansker med visuell oppmerksomhet hos dyslektikere, antas ifølge teorien å henge sammen med svekkede magnoceller (Stein, 2001; Vidyasagar, 2001; Vidyasagar og Pammer, 2010). For en inngående redegjørelse av forholdet mellom dysleksi, dorsal strøm og magnoceller, les artikkel fra Lawton (2016).

Ettersom svekket magnoceller i dorsal stream i teorien kan gi utfordringer med visuell oppmerksomhet på grunn av uklare øyebevegelser (Stein, 2019), kan dette ha betydning for visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi. Dette fordi visuell oppmerksomhet er viktig for kartleggingstester som måler visuell persepsjon, visuospatial arbeidsminne og spatiale ferdigheter som mental rotasjon og visualisering. Utfordringer med å holde oppmerksomhet på visuell informasjon, uten å bli forstyrret av andre elementer, kan gjøre det vanskelig å utføre oppgavene. Ifølge Stein (2019) kan dette forklare hvorfor noen dyslektikere med svekket magnoceller gjøre det dårligere i tester som måler visuospatiale ferdigheter.

For lesing bidrar svekket magnoceller til utfordringer med å prosessere bokstavene og ordene (Stein, 2019). Til vanlig sørger magnocellene for å danne nøyaktige minnerepresentasjoner av rekkefølgen av både bokstaver og lyd i ordene (Stein, 2019). Ved svikt i disse grunnleggende prosessene vil det føre til ustabile øyebevegelser på den visuelle delen og fonologiske vansker i den auditive prosesseringen, og en med dysleksi vil derfor ikke klare å danne riktige ortografiske representasjoner av ord, og heller ikke kunne koble språklyd til bokstavene (Stein, 2019). Dermed benekter ikke magnocellular teori fonologiske vansker hos dyslektikere, men mener heller at fonologiske vansker er sekundære vansker, og at visuell prosessering er primærvansken hos dyslektikere.

Stein (2019) mener at svekket magnoceller forklarer hvorfor så mange dyslektikere sier at det ser ut som at ordene “danser rundt teksten”, i tillegg til utfordringer med RAN, som dermed har en visuell basis, og ikke fonologisk basis som tidligere redegjort for. Empiriske studier utført av Lovegrove et al. (1990) viser at 75 % av dyslektikere har utfordringer med visuell prosessering, som kan forklares av dysfunksjon av magnocellene. Ektofysiologiske tester har vist at dyslektikere, i sammenligning med ikke-dyslektikere, har redusert aktivering i visuelle arenaer som V5, som hovedsakelig er dominert av magnoceller (Eden et al. 1996).

Albert Galaburda og Norman Geschwind fant klare abnormaliteter hos hjernen til avdøde dyslektikere i venstre hjernedel, i tillegg var også magnocellene hos dyslektikere 30 % mindre og desorganiserte i LGN, som er områder som har ansvar for visuell prosessering (Galaburda et al. 1985). Også senere MR-studier har vist at magnocellene i LGN var signifikant mindre hos 16 dyslektikere enn kontrollgruppen i samme alder (Giraldo-Chica et al. 2015). Det skal påpekes at det er klare begrensinger med studiene på grunn av antall undersøkte personer. I tillegg kan svekket magnoceller også kan være et resultat av manglende eksponering for lesing, og er ikke ensbetydende med årsak (Share, 2021). I studien til Galaburda og Geschwind (1985), hadde også noen av de undersøkte ervervet hjerneskade. Spørsmålet om hvor mange med dysleksi som faktisk har svekket magnoceller, mangler derfor sterk evidens basis. Det er langt i fra like velprøvd teori som den fonologiske teorien (Share, 2021).

Imidlertid, for oppgavens formål, kan svekkede magnoceller forklare visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere. Det kan også være med å forklare undergrupper av dyslektikere. For eksempel deler *Double-deficit* teori av dysleksi dyslektikere i tre undergrupper: dyslektikere med fonologiske vansker, og dyslektikere med utfordringer i RAN (engelsk; Rapid Automated Naming), og dyslektikere med vansker i både fonologi og RAN (Wolf og Bowers, 2000). RAN handler om umiddelbar gjenkjenning av visuelle stimuli, som oftest bokstaver eller tall, men også symboler, og er en type prosessering ferdighet (Snowling, 1989). Denne inndelingen mener altså at det finnes en gruppe dyslektikere med fonologiske vansker, og en gruppe dyslektikere som har utfordringer med RAN. I tillegg til dyslektikere som har utfordringer med begge (Wolf og Bowers, 2000). I følge Stein (2019) er det svekkede magnoceller som gjør det vanskelig for personer med dysleksi å oppfatte visuelle stimuli godt nok.

Gitt at det er magnoceller som er ansvarlig for vansker med RAN hos personer med dysleksi, kan det være interessant å se på det empiriske grunnlaget. En studie gjort av Lovett (2000) på 166 elever i en alder fra 7 til 13 år med alvorlig dysleksi hadde som formål om å kategorisere elevene basert på double-deficit theory. Resultatet viste at 54 % av studieobjektene tilhørte subgruppen med både vansker innen fonologisk bevissthet og RAN. Imidlertid tilhørte 24 % i subgruppen med utfordringer i RAN og 22 % hadde fonologiske vansker (Kuerten, 2020). Wolf og Bowers (2000) mente med dette at fonologiske vansker ikke var den eneste 'deficit' i dysleksi. Andre studier har også vist støtte at RAN er egen underliggende vanske hos personer med dysleksi (Leppanen et al. 2006; Nikolopoulos et al. 2006). Wolf og Bowers (2000) mener

at vansker innen RAN var et resultat av utfordringer innen sekvensiell prosessering, og at RAN derfor ikke kunne forklares av fonologiske vansker, men av andre kognitive elementer. Årsaken bak denne underliggende anliggende er altså ifølge Stein (2019) svikt i magnoceller, og særlig manglende magnoceller i dorsal strøm.

Det skal nevnes at om RAN er en separat eller en fonologisk ferdighet, er høyest diskutert (Snowling et al. 1989; Melby-Lervåg, 2018). Den fonologiske tilnærmingen forklarer altså utfordringer med RAN hos dyslektikere som et resultat av manglende fonologiske representasjoner lagret i langtidsminnet, og dermed utfordringer med hurtig gjenkjenning (se Powell og Atkinson, 2021 for nærmere redegjørelse).

Årsaken til at utfordringer med RAN blir belyst i dette kapittelet, handler ikke bare om at Stein (2019) mener forklaringen ligger i svekket magnoceller. Goldstein-Marcusohn et al. (2020) antar at i sin studie at utfordringer med RAN hos personer med dysleksi kan ha noe med utfordringer med visuospatiale ferdigheter som lokal prosessering å gjøre. For eksempel at personer med dysleksi må anstrenge seg mer for å se forskjeller på detaljer ved bokstaver og ord, og dermed leseflyt og hurtigbenedvning. Dermed var hypotesen i studie at dyslektikere med svekket RAN ville bruke mer lokal prosessering enn global prosessering, tilsvarende ville undergruppen med svake fonologiske ferdighet bruke mer av lokal prosessering enn global prosessering. Resultatet var i overensstemmelse med hypotesene. Dyslektikere som hadde mer utfordringer med RAN, brukte mer av lokal prosessering, og dyslektikere som hovedsakelig hadde utfordringer med fonologisk bevissthet, var mer tilbøyelig til global prosessering enn lokalt. Dermed antyder Goldstein-Marcusohn et al. (2020) at forskjeller i global og lokal prosessering hos dyslektikere kommer an på om alvorligheten av fonologiske vansker og RAN hos personen med dysleksi.

Generelt kan den globale og lokale måten å prosessere visuell informasjon på brukes til å forstå leseferdigheter. For eksempel, kan global prosessering brukes i gjenkjenning av ord, og sørge for ortografisk lesing (altså mer automatisert lesing) og dermed bedre leseflyt. Her er hovedsakelig det ventrale systemet involvert, mens i møte med vanskelige eller fremmede ord kan lokal prosessering være betimelig, som gjør at leseren kan rette sekvensiell oppmerksomhet mot teksten, og avkode bokstavene gjennom fonologiske ferdigheter, hvor det dorsale systemet er mer involvert (Cohen et al, 2008). Det er viktig å påpeke at begge disse tilnærmingene jobber sammen med for å danne en helhetlig forståelse, men et individ

kan likevel vise styrker i en måte å prosessere på enn den andre (Goldstein-Marcusohn et al. 2020).

2.5 Oppsummering av litteraturen og implikasjoner

Den fonologiske teorien som forklarer dysleksi som en vanske med svikt i utvikling av fonologiske ferdigheter, er i dag en velprøvd konsensus i det vitenskapelige miljøet som forklaringsmodell for dysleksi (Swam & Goswami, 1997; Protopapas og Parilla, 2018). Forskning viser at fonologiske ferdigheter er viktig for utvikling av leseferdigheter (Snowling & Hulme, 2006). Det er imidlertid viktig å nevne at de fonologiske vanskene ikke er en lesebasert vanske, fordi lesing i seg selv er en menneskeskapt ferdighet, utviklet for ikke mer enn 5000 år siden (Daniels, 2001). Lesing består derfor av komplekse kognitive prosesser, hvor flere deler av hjernen samarbeider med hverandre for å kunne avkode og forstå det som blir lest (Kears et al. 2018). De fonologiske vanskene har dermed en språklig basis, som uttrykker seg i utfordringer med avkoding (Share, 2021).

Tidligere ble dysleksi oppfattet som en visuell vanske, og med en biologisk forklaring på at dysleksi var resultat av defekt i venstre hjernedel (Morgan, 1986; Helland, 2019). Selv om den fonologiske tilnærmingen står sterk i dag, er det fremdeles teoretiske tilnærminger som forklarer dysleksi som en 'visuell' vansker. Teorien om svekket magnocellular forklarer utfordringene mange dyslektikere opplever som en vanske med visuell prosessering (Stein, 2001, 2019). Det er derimot ikke en visuell vanske i ordets rette sans, fordi vanskene ikke handler om vansker med synet, men heller vansker med å prosessere den visuelle informasjonen på grunn av dysfunksjonelle magnoceller. Dermed forsøker magnocellular teori å forklare den underliggende nevrobiologiske årsaken bak dysleksi (Stein, 2019; Share, 2021).

Selv om den mangoceullære teorien ikke direkte forklarer visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere, kan dysfunksjonelle mangoceller forklare forskjeller i visuospatiale ferdigheter dyslektikere. For eksempel forklarer Stein (2019) at manglende magnoceller kan forklare visuospatiale styrker hos dyslektikere, blant annet gjennom hjernens kompensering av en annen type celle kalt palvoceller. Denne sørger for objektgjenkjenning i det visuelle systemet, og dyslektikere med styrker palvoceller kan forklare hvordan noen studier viser at personer

med dylseksi raskere gjenkjenner objekter som krever holistisk forståelse (Von karolyi 2001, 2003). Denne implikasjonen vil redegjøres nærmere for i drøftingskapittelet.

Teorien om magnoceller kan imidlertid forklare noen visuospatiale ferdigheter mer enn andre. Litteraturen inndeler ofte visuospatiale ferdigheter i kategoriene visuospatial arbeidsminne, spatiale ferdigheter som visualisering og rotasjon, og visuell persepsjon (Shah og Miyake, 2012; Duranvoci et al. 2015; Gilger et al. 2016; Chamberlain 2018). Ettersom svekket magnoceller mer har med visuell prosessering å gjøre, kan det antydes at den visuelle persepsjon, og dermed prosesseringen vil være mer påvirket (Stein, 2001, 2019). Dette kan forklare svekket RAN hos dyslektikere, for eksempel *Double-deficit* teori som inndeler dyslektikere i en gruppe med fonologiske vansker, og en gruppe med utfordringer i RAN (og begge) (Wolf og Bowers, 2000). I tillegg kan magnoceller påvirke støttefunksjoner som er viktig for visuospatiale ferdigheter, som visuell oppmerksomhet (Stein, 2019).

Ettersom forskningsspørsmålene for oppgaven handler om styrker og svakheter i visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere, og hvordan ulike forklaringsmodeller kan forklare eventuelle forskjeller, kunne det vært en mulighet å danne hypoteser ut fra det teoretiske rammeverket som er gjennomgått. For eksempel med utgangspunkt i den magnocelluære teorien, eller med bakgrunn i fokuset på svekket visuell oppmerksomhet hos personer med dylseksi (Harrar et al. 2014; Vidyasagar, 2019). Men ettersom denne oppgaven ikke har formål å oppklare forskjellene kvantitativt, men heller belyse for eventuelle kunnskapshull og videre forskning i tråd med metodevalget ble hypotesegenering tenkt som lite hensiktsmessig. I neste kapittel vil metoden redegjøres nærmere for, og hvordan det vil være med på å besvare forskningsspørsmålene.

3.0 Metode

3.1 Beskrivelse av systematisk kartleggingsoversikt (scoping review):

I systematiske kartleggingsoversikter (engelsk: scoping review) er hensikten å kartlegge og identifisere tilgjengelige studier, og narrativt beskrive eksisterende forskning på et bestemt tema (Munn et al. 2018). Formålet med kartleggingen er å beskrive studiedesign til studiene, opprinnelsesland, hva som ble undersøkt, eventuelle verktøy som ble brukt, og resultatene som studiene finner. Systematisk kartleggingsoversikt er spesielt hjelpfull når litteraturen er kompleks og heterogenerisk (Micah, D.J et al, 2020). I motsetning til systematisk oversikt er

det ikke nødvendig med kvalitetsvurdering av inkluderte studier, og det foretas heller ikke analyse av funnet i studiene.

Etter oppgavens hensikt og formål er det metodiske valget av systematisk kartleggingsoversikt begrunnet med oppgavens formål om:

- Å identifisere tilgjengelige studier som ser på sammenhengen mellom dysleksi og visuospatiale ferdigheter.
- Å kvalifisere sentrale nøkkelbegreper, karakteristikker og definisjoner i litteraturen kan bidra til å undersøke forholdet mellom dysleksi og visuospatiale ferdigheter.
- Å identifisere hvilken vitenskapelig metode som svarer til forskningsspørsmålet om dysleksi og visuospatiale ferdigheter.
- Å identifisere og avdekke kunnskapshull og motsetninger.

Oppgaven vil følge JBI Manual for Evidence Synthesis, som er en internasjonal metodeveileder for gjennomføring av Scoping Review (Micah, D.J. et al. 2020). Denne vil, i tillegg til FHI's rapporteringsmal for kartleggingsoversikt (Rapportmal kartleggingsoversikt, 2022), tas i følget i utarbeidelsen av følgende disponering av oppgaven:

1. Definerings av spørsmål
2. Utvikle og tilpasse inklusjons- og eksklusjonskriterier
3. Tilnærming til studiesøk og valg av studier
4. Valg etter inklusjons- og eksklusjonskriterier
5. Hente ut data fra de valgte studiene
6. Kartlegge kunnskapsgrunnlaget
7. Oppsummering av kunnskapsgrunnlaget

3.2 Forskningsspørsmål

Hovedproblemstillingen i en systematisk kartleggingsoversikt legger til rette for inklusjonskriteriene og søkestrategier etter studier, og problemstillingen medfølger altså disse strukturene (Micah, D.J, et al. 2020). Hovedproblemstillingen som primært følger denne er valgt etter elementer fra retningslinjer fra PCC (populasjon, konsept og kontekst). Siden det følges med forskningsspørsmål under, er hovedproblemstillingen primært "Hvordan stiller forskning (kontekst) seg til dysleksi (populasjon) og visuospatiale ferdigheter? (konsept).

Denne vil så fungere som en tilrettelegger for de forskningsspørsmålene som ble avklart under hensikt og problemstilling, og deretter inklusjonskriterier og søkestrategier.

3.3 Inklusjonskriterier

Studiedesign

Gitt problemstillingen var det førende at studiene tok for seg effekten av forholdet mellom dysleksi og visuospatiale ferdigheter. Dermed begrenses inklusjonskriteriene til kun empiriske studier. Dette omfatter for denne kartleggingsoversikten kun kvantitative studier, og metastudier eller andre oversikter.

Kvantitative studier: Studier som inkluderes skal kunne si noe om effekten av forholdet mellom visuospatiale ferdigheter og dysleksi og kontrollgruppe uten dysleksi. For å unngå konfundering, prioriteres spesifikt randomiserte-kontrollerte studier, som kan være med på å trekke holdbare slutninger om årsakssammenhenger (Hjelmesæth, 2014).

Metastudier eller oversikter som fyller halvparten av inklusjonskriteriene tas med.

Alle vurderte studier må være fagfellevurderte.

Populasjon

Klinisk diagnostiserte med dysleksi. Siden formålet med kartleggingsoversikten er å se på heterogeniteten blant dyslektikere, begrenses heller ikke alder eller kjønn i inklusjonskriteriene.

Visuospatiale ferdigheter

Kartleggingstester som måler visuospatiale ferdigheter. Eksempler på visuospatiale ferdigheter kan være visuell hukommelse, persepsjon eller mental rotasjon. Eksempler på representative tester kan være WISC eller ROCF.

Utfall

Utfall målt på dyslektikere og ikke-dyslektikere i visuospatiale ferdigheter.

Publikasjonsår:

Publikasjonsår for studiene avgrenses til 11 år, og det inkluderer derfor relevante studier fra 2012 til 2023.

Språk

Alle relevante studier er skrevet på engelsk eller norsk.

Kontekst:

Inkluderte primærstudier omfatter kun alfabetiske skriftspråk. Dette begrunnes med forskjeller hos dyslektikere blant logografiske språk sammenlignet med alfabetiske skriftspråk, selv om forskningen er sprikende. Noen studier viser eksempelvis at forskjeller i aktivering av hjernen under lesing i logografiske språk, og forskjeller i visuospatial prosessering og visuospatial arbeidsminne (Siok & Niu, et al. 2008). Imidlertid har andre studier vist færre forskjeller i hjerneaktivering enn antatt (Hu, et. al, 2010), og at vanskene kan ha en mer visuell og ortografisk basis enn fonologisk (Suk-Han Ho et al. 2002). Selv om utfordringer med fonologiske bevissthet også kan forklare dysleksi i logografiske skriftspråk (Zhang et. al, 2023), er det teoretisk beliggenhet på at den avkodingen skjer på en annen måte i logografisk språk som kinesisk enn andre alfabetiske skriftspråk (Li, et. al, 2022).

3.4 Eksklusjonskriterier

Studiedesign:

- Alle ikke-empiriske studier.
- Grå-litteratur.
- Ikke fagfelleverderte.
- Studier som ikke undersøker forholdet mellom dysleksi og visuospatiale ferdigheter.
- Studier som ser på visuospatiale ferdigheter relativt blant dyslektikere, uten kontrollgruppe med personer uten dysleksi.

Populasjon:

Studier ekskluderes hvis det har dyslektikere med andre tilleggsvansker (for eksempel dyskalkuli, ADHD, autisme eller andre lærevansker) ekskluderes hvis nivået av komorbiditet i dysleksigruppa er høyere enn 50 %.

- Studier som ikke inkluderer klinisk-diagnostiserte dyslektikere.
- Studier som fokuserer på andre lesevansker, lærevansker eller tilstander enn dysleksi.
- Studier med publisering før 2012.

Visuospatiale ferdigheter

Kartleggingstester som har lavt reliabilitet til å måle visuospatiale ferdigheter, eller som måler ferdigheter som har lav variasjon til visuospatiale ferdigheter.

Kontekst

Studier er gjort i land med ikke-alfabetisk skriftspråk som for eksempel kinesisk eller japansk.

3.5 Studiesøk og utvelgelse

Søkestrategien var ikke begrenset av publikasjonsår, eller studiedesign. Språket var begrenset til engelsk og norsk. Søk ble avsluttet den 11 mai. 2023.

Søket ble gjort etter populasjon, slik som “dyslexia” AND visuospatial ability i første omgang, deretter DYSLE*, AND (Visual OR Spatial) AND Skills. Fullstendig søkestrategi med treff i hver database kan finnes i vedlegg 1.

Utvalgte databaser var som følgende:

- ERIC
- Google Scholar
- PUBMED
- Scopus
- Oria
- Wiley Online

I tillegg til dette ble det søkt manuelt i siteringene underveis i studiene og referanselisten.

Utvelging av studier

Alle valgte studier gikk videre til en screeningprosess gjennom det elektroniske verktøyet Covidence. Duplikater ble slettet, og studiene ble lest gjennom tittel og abstract i henhold til inklusjonskriteriene. De studiene som var relevante ble analysert videre i fulltekst, og ekskludert hvis det ble fanget opp noe som ikke var sammenfallende med inklusjonskriteriene.

Uthenting av data

Etter at fulltekst av studiene ble lest og inklusjonskriteriene fulgt, ble følgende data hentet fra studiene: tittel, forfattere, detaljer om publikasjon, formålet med studien, studiedesign, karakteristika av deltakere, hvilke visuospatiale ferdigheter som ble testet og hvilke kartleggingsverktøy som ble brukt for å teste visuospatiale ferdigheter. Videre ble det hentet data om metode, utfall og resultater.

3.6 Kartlegging av kunnskapsgrunlaget

Studiene ble logisk kategorisert etter overordnede problemstilling. Deretter ble studiene analysert deskriptivt, og tabell med frekvenser og prosent ble laget der det var nødvendig. I tillegg ble beskrivelser av sentrale begreper gitt i tabellene, i tråd med kvalifisering av nøkkelbegreper og teori i en scoping review (Munn et al. 2018). Resultater fra studiene ble sammenfatter narrativ, vurdert etter fellestrekk, kontraster, for å se etter mønstre i funn og konklusjoner i henhold til problemstilling.

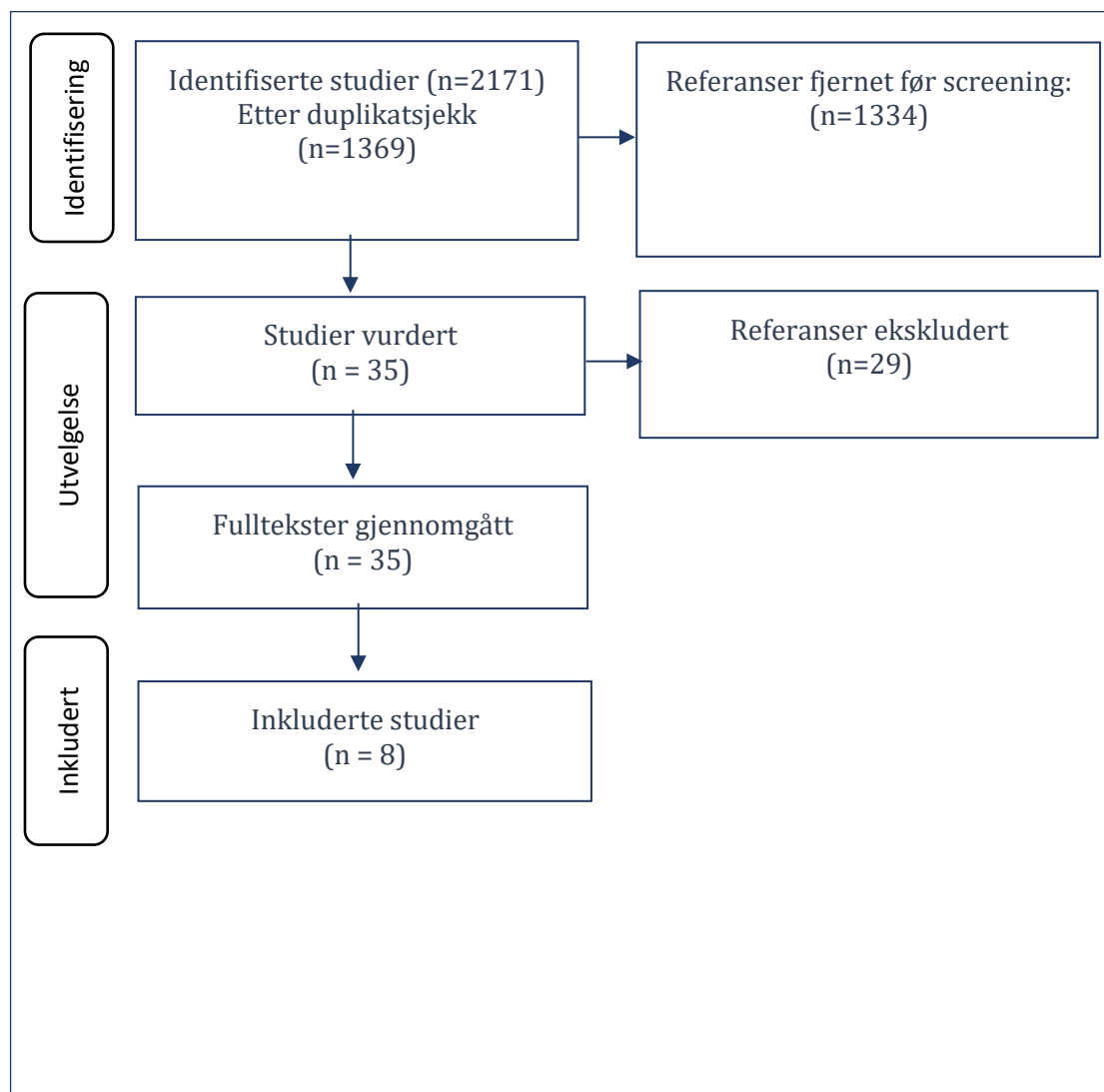
I henhold til systematisk kartleggingsoversikt (scoping review) ble det ikke utført metaanalyse eller annen syntese av individuelle studier (Munn et al. 2018). Det ble heller ikke vurdert tilliten til dokumentasjonen for resultatene, slik det gjøres i systematisk oversikt, men ikke scoping review (Munn et al. 2018). Det ble heller ikke utført en PRIORI, som ofte brukes som protokoll i scoping review for forhåndsklarert inklusjon og eksklusjonskriterier (Munn et al. 2018). Dette begrunnes med at det ikke var hensiktsmessig på grunn av oppgavens natur, som er en masteroppgave, og usikkerhet rundt forskningsspørsmål i begynnelsen av oppgaven. Det

ble imidlertid skrevet en prosjektbeskrivelse, men det ble ikke jobbet med inklusjons- og eksklusjonskriterier før etter oppstart.

Det ble derimot i henhold til scoping review brukt sjekklisten fra veilederen “The PRISMA extension for scoping reviews” (Tricco et al. 2017) for å stille krav til rapporteringen, i tillegg ble FHIs rapportmal for systematisk kartleggingoversikt (brukt som veiledning til rapporteringen).

4.0 Resultater av studiesøk og utvelgelse

Søket resulterte i totalt 2 171 studier for databasene som ble brukt (ERIC, Scopus, Wiley Online, Pubmed, Google Scholar, Oria), (som nesten halverte seg etter fjerning av duplikater (N=1369). Etter inklusjonskriterier ble 35 studier vurdert til fulltekstanalyse, og 29 ekskludert på grunn av eksklusjonskriterier. Ekskluderte studier skal til vanlig dokumenteres med begrunnelse i eget vedlegg, men det er ikke alltid nødvendig i en ‘scoping review’ (Munn et al. 2018). I tillegg til studiene som ble funnet gjennom databasene, ble 11 interesserte studier funnet i sitringen i tekstene som ble vurdert for fulltekst. Fra her ble det funnet 2 relevante studier, og 6 fra fulltekstanalysen. Totalt 8 studier ble inkludert.



Figur 2: Flytdiagram over søkeresultater og håndtering av referanser

4.1 Beskrivelse av inkluderte studier

Totalt 8 studier ble inkludert i kartleggingsoversikten. To av studiene hadde tre eksperimenter hver, og det var dermed 14 publikasjoner totalt.

Publikasjonsår:

Fire av studiene ble publisert mellom 2012 og 2014, to av studiene ble publisert i 2015, og to studier ble publisert mellom 2020 og 2023.

Tabell 2: Publikasjonsår for inkluderte studier (N=8)

Publikasjonsår	Studier	Antall, prosent
2012-2014	Bacon et al. (2013), Collis et al. (2013), Schneps et al. (2012), Oliveira et al. (2014)	4. (50 %)
2015-2019	Duranovic <i>et al.</i> (2015), Martinelli & Schembri (2015)	2 (25%)
2020-2023	Mersin & Cebi (2021), Caldani et al. (2022)	2 (25%)

Opprinnelsesland

Alle studiene er i henhold til inklusjonskriteriene fra land med alfabetisk skriftspråk. Tre studier har deltakere engelsk som førstespråk (hvor to studier er fra Storbritannia, og en fra USA). Resten av studiene er fra Bosnia, Brasil, Malta, Tyrkia og Frankrike.

Tabell 3: Beskrivelse av skriftspråket til deltakere for studiene (N=8)

Språk	Studier (referanser, antall studier, prosent)
Engelsk	Bacon et al. (2013), Collis et al. (2012), Schneps et al. (2012). (3, 37.5 %).
Bosnisk	Duranovic <i>et al.</i> (2015). (1, 12.5 %)
Brasiliansk	Oliveira et al. (2014). (1, 12.5 %)
Maltesisk	Martinelli & Schembri (2015). (1, 12.5 %)
Tyrkisk	Mersin & Cebi (2021). (1, 12.5 %)
Fransk	Caldani et al. (2022) (1, 12.5 %)

Tabell 4: Beskrivelse av studiedesign i de inkluderte studiene (N=8)

Studiedesign	Antall, referanse

Randomiserte kontrollerte studier (RCT)	6: Collis et al. 2012; Scheps et al. 2012; Oliveira et al. 2014; Duranovic et al. 2015; Martinelli & Schembri 2015; Mersin og Cebi 2021
Observasjonsstudie	1: Caldani et al. 2022
Komparativ studie	1: Bacon et al. 2013

De fleste studiene tilhørte randomiserte kontrollerte studier (80%). En studie var observasjonsstudiet (10%), og en komparativ studie (10%).

Gruppering etter problemstilling

I denne kartleggingsoversikten skal to forskningsspørsmål besvares. De fleste av utvalgte studier besvarte et eller begge forskningsspørsmål.

- (i) Hvilken type visuospatiale ferdigheter er styrker eller svakheter hos personer med dysleksi?
- (ii) Hvordan kan visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi forstås i lys av ulike forklaringsmodeller for dysleksi?

De åtte valgte studiene ble gruppert etter følgende visuospatiale ferdigheter undersøkt i studiene:

- Studier som undersøker spatiale ferdigheter
- Studier som undersøker visuospatial arbeidsminne
- Studier som undersøker visuell persepsjon

I tabell 4 gis en oversikt over studiene, populasjon, visuospatiale ferdigheter som ble målt og kartleggingsverktøyet som ble brukt. I tillegg følger oversikt over utfallet av studiene. De fleste studiene undersøkte flere visuospatiale ferdigheter, som for eksempel visuospatial arbeidsminne og spatiale ferdigheter. Dette er som redegjort for tidligere, utfordrende å dele hver for seg ettersom kartleggingsverktøy som måler visuospatiale ferdigheter deler variasjon med hverandre.

I oversikten i tabell 4 blir dermed undersøkte visuospatiale ferdigheter rangert etter studienes formål. For eksempel, undersøkte Bacon et al. (2013) visuospatial arbeidsminne hos 140 dyslektikere og 145 normallesere. Dette blir derfor oppsummert øverst i tabellen.

Tabell 5: Kort beskrivelse og utfall av de inkluderte studiene (N=8)

Forfatter , år, totalt deltakere	Populasjon: Dyslektikere	Populasjo n Kontroll	Visuospatiale ferdigheter	Kartleggingsver ktøy	Utfall etter interesse sammenlig net kontroll
Bacon, Parmentier & Barr (2013) N = 285	140 (65 menn, 7 5 kvinner) Gruppe: Studenter	145 (44 menn, 101 kvinner) Gruppe: Studenter	Visuospatial hukommelse (visuell hukommelse), visuell oppmerksomhe t	<i>Spatial Reasoning 12-14</i> (Corti Task)	Ingen forskjell i visuospatia l hukommels e. Dyslektiker e svakere i eksekutive funksjoner (Corti Task baklengs)
Caldani et al. (2022) N = 40	26 DL (kjønn uklart) Snittalder: 10 år	14 KG (kjønn uklart) Snittalder: 10 år	Visuospatial orientering, navigasjon i virkeligheten, og visuospatial hukommelse.	Path memory test	Dyslektiker e viste dårligere visuospatia l orientering og navigasjon med

Forfatter , år, totalt deltakere	Populasjon: Dyslektikere	Populasjo n Kontroll	Visuospatiale ferdigheter	Kartleggingsver ktøy	Utfall etter interesse sammenlig net kontroll
					øynene lukket.
Collis, Kohnen & Kinoshita (2013) N = 41	18 DL (5 menn, 13 kvinner) Snittalder: 22.5 år	23 KG (8 menn, 13 kvinner) Snittsalder: 19.95 år	Visuospatial oppmerksomhe t, visuospatial korttidshukom melse.	Partial Report Task, Shipley-2	Dyslektiker e gjorde det signifikant svakere å huske tall eller bokstaver, men ikke symboler. Ingen signifikant forskjell på visuospatial oppmerkso mhet mellom gruppene.

Forfatter , år, totalt deltakere	Populasjon: Dyslektikere	Populasjo n Kontroll	Visuospatiale ferdigheter	Kartleggingsver ktøy	Utfall etter interesse sammenlig net kontroll
Duranovic et al. (2015) N = 70	30 DL (19 gutter, 21 jenter) Snittalder: 10 år	40 KG (19 gutter, 21 jenter) Snittalder: 10 år	Visualisering, visuospatial hukommelse, visuell persepsjon	Paper Folding test (PFT), mental rotasjonstest (MRT), ROCF, Test of Visual Memory, Electric Grid.	Dyslektikere gjorde det bedre i visualisering, men svakere i visuospatial arbeidsminne enn kontrollgruppen.
Oliveira et al. (2014) N = 62	31 DL (totalt kjønn oppgitt: 25 menn, 37 kvinner) Snittalder: 23 år	31 KG (totalt kjønn oppgitt: 25 menn, 37 kvinner) Snittalder: 23 år	Visualisering, problemløsning, visuell oppmerksomhet, visuell persepsjon	WAIS-III, Block design	Dyslektikere gjorde det bedre i deltesten Matrix-Reasoning, men svakere i Block Design (ikke signifikant) enn kontrollgruppen.

Forfatter , år, totalt deltakere	Populasjon: Dyslektikere	Populasjo n Kontroll	Visuospatiale ferdigheter	Kartleggingsver ktøy	Utfall etter interesse sammenlig net kontroll
Martinel li & Schembr i (2015) N = 36	16 DL (alle gutter) Snittalder: 12 år	20 KG (alle gutter) Snittal der: 12 år	Visualisering, visuospatial orientering, visuospatial hukommelse, lokal prosessering	Spatial Reasoning 12-14	Dyslektiker e svakere i visuospatial persepsjon, lokal prosesserin g og mental orientering (deltest: Hidden shapes).
Mersin & Cebi (2021). N = 40	20 DL (11 gutter, 9 jenter) Snittalder: 13-15 år	20 KG (11 gutter, 9 jenter) Snittal der: 13-15 år	Visualisering, visuell hukommelse, visuell persepsjon, lokal prosessering, visuospatial oppmerksomhet	Rey-Osterrieth complex figure test, Clock Drawing test, Judgement of line orientation test	Dyslektiker e skåret dårligere i alle nevnte tester. Resultatet indikerer svakere ferdigheter i visuell hukommels e, visuell persepsjon, visuospatial oppmerkso mhet,

Forfatter , år, totalt deltakere	Populasjon: Dyslektikere	Populasjo n Kontroll	Visuospatiale ferdigheter	Kartleggingsver ktøy	Utfall etter interesse sammenlig net kontroll
					eksekutive funksjoner, og svakere lokal prosessering.
Schneps et al. (2012). N = 62	24 DL (kjønn uklart) Gruppe: Landmark College	38 KG (kjønn uklart) Gruppe: Harvard Universitet	Visuospatial persepsjon (lokal og global prosessering), visuospatial oppmerksomhet	Virkelighetsbilde r	Dyslektikere brukte mer tid til å gjenkjenne visuelle objekter som indikerer svakere lokalt prosessering. Imidlertid gjorde dyslektikere det bedre og mer effektivt i oppgaver som gjaldt

Forfatter , år, totalt deltakere	Populasjon: Dyslektikere	Populasjo n Kontroll	Visuospatiale ferdigheter	Kartleggingsver ktøy	Utfall etter interesse sammenlig net kontroll
					global prosesserin g.

I tabell 6 gis det en kort oversikt over brukte kartleggingsverktøy i studiene, beskrivelse av disse testene og hva de måler av visuospatiale ferdigheter.

Tabell 6: Kort beskrivelse og mål av kartleggingstestene brukt i studiene (N=20)

Tester	Beskrivelse av testen og hva den måler:
Partial Report Task (symboler)	Presenteres symboler og bedt om å posisjonere det umiddelbart. Måler visuospatial korttidshukommelse og sensorisk hukommelse I tillegg til visuell og selektiv oppmerksomhet.
Hidden shapes	Identifisere og isolere deler av visuell informasjon fra en helhet. Måler mental folding, og lokal prosessering. I tillegg er visuell oppmerksomhet, persepsjon og mental rotasjon viktig.
Right angles	Presenterer stimuli som viser en eller flere vinkler. Identifisere om presentert vinkel er rett eller ikke. Måler visuell persepsjon og geometrisk forståelse.
Clock Drawing test:	Deltakeren blir bedt om å tegne en klokke, legge til tallene på klokka, og så sette viseren til et bestemt tidspunkt Måler eksekutive funksjoner som visuospatial oppmerksomhet og planlegging.

Judgement of line orientation test	<p>Deltakeren får se en spiralbok med 11 linjer på hver side, hvor hver av linjene er 18 grader. Deltakeren skal så samsvare linjene på hver side med de 11 linjene på spiralboken,</p> <p>Måler visuell persepsjon, visuell oppmerksomhet, og mental rotasjon for orientering.</p>
Jigsaws	<p>Puslespill med forskjellig kompleksitet som deltakeren må fullføre så raskt som mulig.</p> <p>Måler field indepenence, mental manipulering, visuell persepsjon, eksekutive funksjoner (planlegging og oppmerksomhet)</p>
Sections	<p>Forskjellige figurer i ulike størrelser satt sammen ble presentert. Deltaker må så visualisere hvordan figurene ville sett hver for seg.</p> <p>Måler mental folding og 3D mental rotasjon.</p>
Corsi Block (CBT)	<p>I foroverlent versjon (CF) blir deltaker bedt om å huske rekkefølgen på plasseringen av blokker i den samme rekkefølgen som blir presentert.</p> <p>I omvendt versjon (CB) blir deltaker bedt om å gjenta rekkefølgen av blokkene omvendt av opprinnelige sekvens.</p> <p>CF måler visuell hukommelse. CB måler visuell hukommelse, visuell persepsjon, i tillegg til eksekutive funksjoner (visuell oppmerksomhet og planlegging).</p>
Paper Folding test (PFT)	<p>Deltaker blir presentert med et brettet papir med hull i seg, og må svare hvordan dette arket vil se ut brettet.</p> <p>Måler mental folding, mental manipulasjon og kreativ problemløsning.</p>
Mental Rotation Test (MRT)	<p>Deltakeren må identifisere en eller flere objekter som er identiske med et objekt ut fra fire svaralternativer, hvor flere er roterte versjoner av objekter som skal identifiseres.</p> <p>Måler 2D og 3D mental rotasjon.</p>

Rey-Osterrieth Complex figure (ROCF)	To deler: Deltakeren får se en figur og skal kopiere, i andre del av oppgaven må deltaker huske og tegne etter beste hukommelse. Måler visuospatial hukommelse og eksekutive funksjoner (planlegging og problemløsning).
Electric Grid	Deltakeren blir bedt om å følge en bestemt linje av mange linjer som går gjennom flere svinger, kurver og detaljer. Måler visuell persepsjon.
Test of Visual Memory	I første oppgave skal deltakerne tegne den geometriske figuren som vist i 10 sekunder, i den andre delen blir også figuren vist i 10 sekunder, men i tillegg må deltakeren vente 15 sekunder før personen kan tegne fra minnet. I første del måles visuospatial korttidshukommelse, men i andre del blir forsinket hukommelse testet.
WAIS-III: <ul style="list-style-type: none"> • Block design: • Picture completion: • Picture arrangement: • Matrix Reasoning: • Object Assembly: 	Måler forskjellige aspekter ved generelt evnenivå og kognitive funksjoner. <ul style="list-style-type: none"> • BD: Sette sammen fargeklosser for å matche mønsteret vist på oppgaveark så raskt som mulig. Måler visuell persepsjon, • PC: Identifisere hva som mangler i et bilde. Måler visuell persepsjon og oppmerksomhet. • PA: Sette usammenhengende bilder i en logisk rekkefølge. Måler problemløsningsevne og lokal prosessering. • MR: Fullføre rekken i en serie med matriser. Måler resonnering og løsningsevne. • OA: Bruke deler til å lage en hel figur. Måler visuell persepsjon, løsningsevne.
Path memory test	Deltakeren blir vist en figur på bakken som de må gå på. Deretter ble testen utført med øynene lukket. Måler visuospatial orientering og navigasjon. I tillegg til perseptuelle ferdigheter.

4.2 Spørsmål 1: Hvordan uttrykkes visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi sammenlignet med normallesere?

Dette forskningsspørsmålet utgjorde essensen i kartleggingsoversikten, og alle studier svarte på forskningsspørsmålet (n=8). Det var imidlertid forskjell på typer visuospatiale ferdigheter som ble undersøkt, og noen av publikasjonene undersøkte flere typer visuospatiale ferdigheter (n=14).

I henhold til inndeling av visuospatiale ferdigheter i den teoretiske gjennomgangen, besvares dette forskningsspørsmålet med inndeling av studier som tok for seg følgende visuospatiale ferdigheter: *spatiale ferdigheter*, *visuospatial arbeidsminne* og *visuell persepsjon*. Ettersom mange av studiene som nevnt studerte flere typer visuospatiale ferdigheter, vil disse være en gjenganger i to eller alle undersøkte visuospatiale ferdigheter.

Studier som undersøkte spatiale ferdigheter (N=3)

Det ble identifisert tre studier som undersøkte spatiale ferdigheter som visualisering og mental rotasjon hos dyslektikere og kontrollgruppen. Dyslektikere gjorde det bedre i en studie som målte visualiseringferdigheter, men svakere enn kontrollgruppen i deltest mental rotasjon (Duranovic et al. 2015). I to studier gjorde dyslektikere det likt i alle deltester sammenlignet med kontrollgruppen (Oliveira et al. 2014; Martinelli & Schembri, 2015).

Tabell 8: Studier som undersøkte spatiale ferdigheter (N=3)

Forfatter, år	Populasjon	Forskningsområde	Relevant utfall
Duranovic et al. (2015)	N= 70 (18 DL, 23 KG)	Visualisering ble undersøkt gjennom Paper Folding test (PFT), og mental rotasjon ble undersøkt gjennom mental rotasjonstest (MRT).	<i>Visualisering:</i> Dyslektikere gjorde det bedre enn kontrollgruppe. Ingen kjønnsforskjeller på resultatet. Ingen forskjell mellom dyslektikere og kontrollgruppe i mental rotasjonstesten.

Forfatter, år	Populasjon	Forskningsområde	Relevant utfall
Oliveira et al. (2014)	<i>N=62 (31 DL, 31 KG)</i>	Spatiale ferdigheter målt gjennom Block Design.	I denne studien gjorde dyslektikere det noe dårligere enn kontrollgruppen, selv om forskjellen mellom dyslektikere og kontrollgruppen ikke var signifikant.
Martinelli & Schembri, 2015	<i>N= 36 (16 DL, 20 KG)</i>	Målte spatiale ferdigheter gjennom deltestene som inngår i <i>Spatial Reasoning</i> .	Resultatet viste at det var statistisk signifikansnivå på deltest Hidden shapes mellom gruppene. Signifikansnivået var sterk ($p=.014$), med en Cohen effect size på ($d=.85$), og som indikerer et medium høy effektstørrelse.

Studier der dyslektikere viser styrker i spatiale ferdigheter (N=2)

Studien til Duranovic et al. (2015) viste at dyslektikere gjorde det betydelig bedre i visualisering gjennom deltest *Papir Folding test*. I studien til Martinelli & Schembri (2015) gjorde dyslektikere det bedre i en deltest som målte «field indepenence». Dette er evnen til å identifisere og isolere deler av visuell informasjon fra helheten (Castro-Alonso, 2019).

Studier der dyslektikere gjør det likt i spatiale ferdigheter (N=3)

Studien til Oliveira et al (2013) målte spatiale ferdigheter gjennom evnetesten WAIS-III. Selv om dyslektikere gjorde det svakere i noen deltester, som Block Design, var ikke forskjellene på signifikansnivå mellom dyslektikere og kontrollgruppe.

I studien til Duranovic et al. (2015) ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller mellom dyslektikere og kontrollgruppen i mental rotasjon.

Studier som undersøkte visuospatial arbeidsminne

Blant åtte studier totalt, undersøkte fem av studiene visuospatial arbeidsminne hos dyslektikere gjennom en eller flere deltester. Ingen av studiene viste styrker hos dyslektikere i visuospatial arbeidsminne. To studier viste ingen signifikant forskjell mellom dyslektikere og normallesere. Tre studier viste at dyslektikere gjorde det signifikant svakere i visuospatial arbeidsminne sammenlignet med kontrollgruppen. I tabell 6 er det en detaljert oversikt over studiene som undersøkte visuospatial arbeidsminne, populasjon, forskningsområde (formål) og relevant utfall av studiet.

Tabell 7: Studier som undersøkte visuospatial arbeidsminne (N=5)

Forfatter, år	Populasjon	Forskningsområde	Relevant utfall
Collis et al. (2012)	N = 41 (18 DL, 23 KG)	Ønsket å finne ut om dyslektikere hadde utfordringer med visuospatial arbeidsminne, eller bare utfordringer med fonologisk korttidsminne.	Studien antyder at resultatet er forenlig med teorien om at det er fonologisk korttidsminne som er vanske for de med dysleksi, siden dyslektikere presenterte likt på symbolsekvenser til sammenligning med kontrollgruppa, og bare dårligere på bokstaver og tall.
Bacon et al. (2013)	N= 285 (140 DL, 145 KG)	Undersøkte hvordan testen <i>Corsi Block</i> som måler sekvensielt minne av visuospatial informasjon, kan forklare visuospatial korttidshukommelse og eksekutive ferdigheter hos dyslektikere.	Studiet antyder at dyslektikere ikke har svakheter i visuospatial arbeidsminne sammenlignet med kontrollgruppe. Ved intervensjon i riktig strategi i oppgaver som krever eksekutive funksjoner, blir forskjellen mellom

Forfatter, år	Populasjon	Forskningsområde	Relevant utfall
			normallesere og dyslektikere mindre.
Duranovic et al. (2015)	<i>N= 70 (18 DL, 23 KG)</i>	<i>Visuospatial hukommelse ble testet gjennom Rey-Osterrieth Complex figure (ROCF) og Test of Visual Memory.</i>	Dyslektikere gjorde det signifikant dårligere i ROCF som målte forsinket hukommelse. Resultatet tyder på utfordringer med visuospatial arbeidsminne når en må holde minnet lengre.
Oliveira et al. (2014)	<i>N=62 (31 DL, 31 KG)</i>	Undersøkte visuospatial arbeidsminne gjennom evnetest WAIS-III.	Det var ingen signifikante forskjeller mellom dyslektikere og kontrollgrupper i deltestene. Imidlertid var variasjonen blant dyslektikere større, som kan indikere forskjellige profiler hos dyslektikere enn ikke-dyslektikere i visuospatial arbeidsminne
Mersin & Cebi (2021).	<i>N=40 (20 DL, 20 KG)</i>	Deltakerne ble testet med Rey-Osterrieth complex figure test (ROCF) for å måle visuospatial arbeidsminne.	Dyslektikere skåret dårligere i alle tester sammenlignet med kontrollgruppe som målte visuospatial arbeidsminne.

Studier som viser ingen forskjell i visuospatial arbeidsminne mellom gruppene (N=3)

Tre av de fem studiene som testet visuospatial arbeidsminne viste ingen signifikant utfall sammenlignet med normallesere (Bacon et al. 2013; Oliveira et al. 2014; Bacon et al. 2013). Studien undersøkte visuospatial korttidsminne gjennom tre ulike eksperimenter med

kartleggingsverktøyet *Corsi Block*. Selv om dyslektikere gjorde det dårligere i deltester hvor en skulle presentere husket mønster baklengs, mener Bacon et al. (2013) at dette resultatet ikke var på grunn av utfordringer med visuospatial arbeidsminne, men heller på grunn av svikt i eksekutive funksjoner og visuell oppmerksomhet. I deltesten hvor dyslektikere og normallesere skulle huske rekkefølgen på mønstre slik de ble presentert, var det ingen signifikant forskjell mellom gruppene ($M=6.25$, $M=6.34$).

En studie ønsket å teste hypotesen om at dyslektikere hadde utfordringer med verbalt arbeidsminnet, og ikke visuelt (Collis et al. 2013). Det gjaldt både på nøyaktighet og presisjon. Dyslektikere presenterte på samme nivå på symbolsekvenser sammenlignet med normallesere, og bare dårligere på bokstaver og tall. I følge Collis et al. (2013) styrket dette teorien om at dyslektikere har utfordringer med verbalt arbeidsminne, og ikke den visuospatiale skisseblokken.

Studier der dyslektikere gjorde det svakere i visuospatial arbeidsminne (N=2)

En studie viste at dyslektikere gjorde det svakere når de skulle gjenkalle og tegne et objekt de hadde sett (Duranovic et al. 2015). Samme studie brukte en annen test for å se om dyslektikere ville gjøre det svakere ved å gjenkalle en geometrisk figur etter å ha blitt vist den i forholdsvis ti og femten sekunder. Dette behersket dyslektikere i større grad, selv om også her var resultat svakere sammenlignet med normallesere, men imidlertid ikke på signifikant nivå.

Studien til Mersin og Cebi (2021) brukte tre forskjellige kartleggingsverktøy for å teste visuospatial kortidsminne. Dyslektikere gjorde det signifikant dårligere i alle deltester sammenlignet med normallesere. Mersin og Cebi (2021) mener dette viser at dyslektikere har flere utfordringer enn kun fonologiske vansker.

Studier som undersøker visuell persepsjon (N=4)

Det var totalt fire studier som undersøkte visuell persepsjon hos dyslektikere.

Tabell 9: Studier som undersøkte visuell persepsjon (N=3)

Forfatter, år	Populasjon	Forskningsområde	Relevant utfall
Duranovic et al. (2015)	N= 70 (18 DL, 23 KG)	Visuell persepsjon ble undersøkt gjennom 'Electric Grid'. Dette er en test som undersøker forholdet mellom perseptuelle objekter.	Det ble funnet ingen signifikante forskjeller mellom gruppene eller kjønn.
Schneps et al. (2012)	N=62 (24 DL, 38 KG9)	Undersøkte lokal og global prosesseringsevne. Hypotesen var at dyslektikere med utfordringer i å se detaljer gjorde de flinkere til å se helheten (Schneps et al. 2012). Dette kan skyldes at det heller brukes informasjonen de får fra periferien for å kompensere for vanskene i midten av synet. Studien bestod av tre eksperimenter.. Eksperiment 1 og 2 undersøkte lokal prosessering. Eksperiment 3 undersøkte global prosessering.	Eksperiment 1: Dyslektikere hadde signifikant lengre responstid enn kontrollgruppen ($F(1, 27) = 5.96, p, 0.05$) i gjenkjenning av visuelle detaljer. Eksperiment 2: Ingen signifikant forskjell på når detaljer var gjemt i virkelighetsbilder (for eksempel fly). Eksperiment 3: Virkelighetsfotografier som ble brukt i eksperiment 2, ble gjort til lavpassfilteret bilde, som gjorde tydelige kontrastforskjeller mellom bakgrunnen og det måles som skulle observeres. Dyslektikere var raskere med å finne målet. Denne forskjellen i gruppa var signifikant ($t(13) = 1.94, p = .073$)

Forfatter, år	Populasjon	Forskningsområde	Relevant utfall
Martinelli & Schembri, 2015	N= 36 (16 DL, 20 KG)	Undersøkte visuell persepsjon og visuospatial arbeidsminne.	Dyslektikere gjorde det svakere i deltesten <i>Hidden shapes</i> .
Caldani et al. 2022	N= 40 (26 DL, 14 KG)	Undersøkte orientering og navigasjon i virkeligheten	Resultatet indikerer at dyslektikere viser dårligere visuospatial orientering når de må gjenta øvelsen med øynene lukket (å gå på en ikke likebent trekant på gulvet i et rom så nøyaktig som mulig)

Studier der dyslektikere gjør viser styrker i visuell persepsjon (N=1)

I studien til Schneps (2012) antydte at mange dyslektikere som har utfordringer med detaljer, kan være flinkere til å se helheten (Schneps et al. 2012). Dette kan skyldes at dyslektikere heller bruker informasjon de får fra periferien, for å kompensere for vanskene i midten av synet. Det ble brukt lavpassfiltrerte bilder, ettersom periferien er mer følsom for dette.

Resultatet viser at dyslektikere var raskere, men ikke nøyaktig, til å finne målet ved et lavpassfiltret bilde. Dermed hadde dyslektikere bedre global prosessering, altså evne til raskere å prosessere helhetlige detaljer.

Studier som ikke fant noen forskjeller i visuell persepsjon (N=1)

Duranovic et al. (2015) undersøkte visuell persepsjon gjennom 'Electric Grid'. Deltakerne ble bedt om å følge en linje av totalt 25 linjer fra venstre og knytte den til bokstaven til høyre.

Linjen tar mange svinger og er rotete. Det er tidsbegrensning i oppgaven. Det ble ikke funnet signifikant forskjeller mellom gruppene.

Studier der dyslektikere gjør det svakere i visuell persepsjon (N=2)

I studien til Martinelli & Schembri (2015) gjorde dyslektikere det svakere i deltesten *Hidden shapes*. Det er en type visuospatial persepsjon som innebærer å skille mellom visuell informasjon, og identifisering av mønstre.

Studien til Schneps et al. (2012) viser at dyslektikere brukte mer tid til å gjenkjenne visuelle objekter. Deltakerne ble bedt om å legge pannen på en bjelke og fikk presentert visuelle stimuli på en skjerm. Den visuelle stimuli var blant annet bokstaven T, vippet 90 grader til venstre eller høyre, eller L, også i forskjellige orienteringer. Deltakeren skulle finne bokstaven T, og oppgavene skulle bli gjort så raskt som mulig. Dyslektikere brukte altså mer tid på å finne bokstaven, og studiet indikerer vansker med lokal visuell prosessering hos personer med dysleksi.

Studien til Caldani et al. (2022) undersøkte orientering og navigasjon i virkeligheten. Elevene fikk oppgave i å gå på en ikke likebent trekant på gulvet i et rom så nøyaktig som mulig. Trekanten hadde en lengde på 3 meter, og barnet måtte gå på den uten noe hjelp eller veiledning. Først fikk barnet gå på trekanten med øyne åpne, før de så måtte gjøre det med øynene lukket. Skrittene deres ble registrert av en programvare kalt HTC Vive System. Resultatet indikerer at dyslektikere viser dårligere visuospatial orientasjon når de må gjenta øvelsen med øynene lukket. Caldani et al. (2022) antyder at resultatet kan indikere at dyslektikere har vansker med å innlemme og bruke sensorisk informasjon som trengs for kroppsnavigasjon og orientering.

4.3 Spørsmål 2: Hvordan kan visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi forstås i lys av ulike forklaringsmodeller for dysleksi?

Det andre forskningsspørsmålet var «Hvordan kan visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi forstås i lys av ulike forklaringsmodeller for dysleksi?». De fleste studiene forklarer resultatene med tilleggsvansker hos dyslektikere. Det er særlig vansker med eksekutive funksjoner og visuell oppmerksomhet som er en gjenganger i studiene. To av studiene nevner magnocelluar teori som en forklaring på hvorfor dyslektikere gjør det svakere i visuospatiale

deltester. En studie nevner cerebellum teori av dysleksi. I tillegg nevner to studier den fonologiske teorien, og hvordan resultatet styrker denne teorien.

Visuell oppmerksomhet hos dyslektikere

En teori som forklarer dysleksi som resultat av svekket visuell oppmerksomhet er *the visual attention span deficit hypothesis* (VAS) (Bosse, Tainturier og Valdois, 2007). Denne hypotesen fornekter at personer med dysleksi har utfordringer med visuell oppmerksomhet, som begrenser antall visuelle elementer de klarer å prosessere simultant. Dette spiller en sentral rolle for en leser, fordi oppmerksomheten må rettes mot ordene og teksten for å danne mening (Peters et al. 2019)

Totalt seks studier nevner visuell oppmerksomhet hos dyslektikere som et viktig støtteelement i visuospatiale ferdigheter. I to av studiene nevnes VAS (*visual attention span deficit*) eksplisitt (Scheps et al. 2012; Collis et al. 2012). Fem av åtte studier nevner svekket visuell oppmerksomhet som en forklaring på hvorfor dyslektikere gjør det svakere i oppgaver som måler visuospatial arbeidsminne (Bacon et al. 2013; Oliveria et al. 2014; Mersin og Cebi, 2021), spatiale ferdigheter (Oliveira et al. 2014, Martinelli og Schembri, 2015) og visuell persepsjon (Schneps et al 2012; Caldani et al. 2022).

I studien til (Collis et al: 2012) deltok 41 universitetsstudenter. Denne studien målte visuospatial arbeidsminne og visuell oppmerksomhet direkte. Hypotesen i oppgaven blant annet å finne ut om *the visual attention span deficit hypothesis* (VAS) stemte. I studien brukes 'Partial report task', hvor deltakerne blir presentert for stimuli på en skjerm bestående av en horisontal rekkefølge på fem tegn, trukket fra et sett på ni, enten tall, bokstaver eller symboler. Dette gjentar seg flere ganger, og hvert stimuli er ulike. Etter hvert stimuli blir deltakerne bedt om å identifisere stimulien de har sett, ved å taste på riktig tast for å indikere hvilke tegn som var i posisjonen. Collins et al. (2012) antyder at resultatet er uforenlig med teorien om at det er visuell oppmerksomhet som er kjernen i dysleksi, siden dyslektikere presenterte likt på symbolsekvenser til sammenligning med kontrollgruppa, og bare dårligere på bokstaver og tall. Dermed styrkes den fonologiske forklaringen på utfordringene som dyslektikere viste i denne testen, og ikke som resultat av visuell oppmerksomhet (VAS) (Collis et al. 2012).

Magnocellulære teorien av dysleksi

Magnocellular teori av dysleksi (engelsk: magnocellular theory of dyslexia) forklarer utfordringene i dysleksi med svikt i det magnocellulære systemet (Stein, 2001, 2019). Magnocellulære celler er nerveceller som er ansvarlige for å behandle raske og sekvensielle visuell og auditive stimuli. Ved svikt i det magnocellulære systemet vil det derfor oppstå vansker for individet med å skille rekkefølgen av bokstaver og ord, og oppfatte forskjeller i visuelle og auditive stimuli (Stein, 2001, 2019).

To av studiene nevner at svekkede magnoceller kan være årsaken til i tester som er avhengige av eksekutive funksjoner, visuell persepsjon og visuell oppmerksomhet (Schneps et al, 2012; Mersin og Cebi, 2021).

Mersin og Cebi (2021) antyder i sin studie om dysleksi kan være resultat av svekkede magnoceller i det visuelle prosesseringssystemet, ettersom dyslektikere gjorde det signifikant dårligere på deltester som var avhengig av visuell oppmerksomhet og rask stimuli (testene RCOF, CDT og JLOT, se tabell 6 for nærmere beskrivelse). Det innvendes i studien at det er mer naturlig å tenke at svekket visuell persepsjon kan sørge for årsaken til fonologiske utfordringer hos dyslektikere, enn å tenke omvendt. Dette argumentet utdypes ikke mer i studien.

Schneps et al. (2012) mener at resultatet fra studiene både kan styrke og svekke teorien av magnoceller hos personer med dysleksi. Resultatet tyder på at dyslektikere viser utfordringer i lokal prosessering, men styrker i global prosessering. Dermed er dyslektikere flinke til å se detaljer helhetlig, enn detaljer hver for seg. Schneps et al. (2012) antyder at svekket magnoceller kan forklare hvorfor dyslektikere har utfordringer med lokal prosessering, ettersom disse cellene er særlig spesialisert for informasjonen som behandles i midten av synet. Det er ifølge Schneps et al. (2012) særlig relevant for ferdigheter som visuell oppmerksomhet. Imidlertid fornemmer Schneps et al. (2012) at ytterkanten av synsfeltet, altså global prosessering, også er avhengig av magnoceller, men at dette eventuelt behandles annerledes i hjernen hos dyslektikere. Det gis videre implikasjoner for forskning på dette området.

Eksekutive funksjoner hos dyslektikere

Eksekutive funksjoner består av overordnede kognitive ferdigheter som involverer individets evne til problemløsning og organisering av egen atferd (Welsh et al. 1991; Fleischer og From, 2017). Det handler blant annet om prosessering av informasjon og modifisering av strategier

for i gjennomføring av målet (Varvara et al. 2014). Eksekutive funksjoner involverer altså mental fleksibilitet, arbeidsminne, oppmerksomhet, inhibisjon og problemløsning (Miyake 2000). Visuell oppmerksomhet er altså et element av disse kognitive ferdighetene. Dette er altså ikke en entydige årsaksforklaringer for dysleksi, på samme måte som magnocellular teori av dysleksi (engelsk: magnocellular theory of dyslexia) og *the visual attention span deficit hypothesis* (VAS), men heller viktige komponenter som studiene i lys av forklarer forskjeller i visuospatiale ferdigheter med.

Alle åtte studier nevner svekket eksekutive funksjoner som en forklaring på hvorfor dyslektikere gjør det dårligere i en eller flere deltester. Det gjelder altså både visuospatial arbeidsminne, visuell persepsjon og spatiale ferdigheter. Noen studier koblet i tillegg det opp mot visuell oppmerksomhet (Scheps et al. 2012; Collis et al. 2012), mens andre mot magnocellular teori (Mersin og Cebi, 2021).

Det var imidlertid en studie som begrunnet hovedessensen i svak visuospatiale ferdigheter med svake eksekutive funksjoner. Bacon et al (2013) undersøkte visuospatial korttidsminne gjennom tre ulike eksperimenter med kartleggingsverktøyet *Corsi Block*. Selv om dyslektikere gjorde det dårligere i deltester hvor en skulle presentere husket mønster baklengs, mener Bacon et al. (2013) at dette resultatet ikke var på grunn av utfordringer med visuospatial arbeidsminne, men heller på grunn av svikt i eksekutive funksjoner. I deltesten hvor dyslektikere og normallesere skulle huske rekkefølgen på mønstre slik de ble presentert, var det ingen signifikant forskjell mellom gruppene.

Bacon et al (2013) mente at utfordringen i eksekutive funksjoner, var knyttet opp mot feil strategibruk av dyslektikere. Når deltakeren blir bedt om å huske rekkefølgen på plasseringen av blokker i den samme rekkefølgen som ble presentert, er det ingen forskjeller mellom gruppene (CF). I omvendt versjon (CB) blir deltaker bedt om å gjenta rekkefølgen av blokkene omvendt av opprinnelige sekvens, og det er da utfordringene oppstår (Bacon et al. 2013) Dermed antyder Bacon et al (2013) at visuell oppmerksomhet kan ha en betydning i CBT når testen gjøres både forovervendt og i omvendt rekkefølge, og at to strategier er mulige for CBT: dynamisk spatial sekvensering, som handler om visuell resonnering, og visuell tilnærming, som handler om å huske mønstrene, altså visuell persepsjon. Bacon et al. (2013) dyslektikere oftere bruker dynamisk spatial sekvensering for å løse oppgaver der ikke-dyslektikere bruker visuelle prosesser (Bacon & Handley, 2010).

Bacon et al (2013) mener at personer uten dysleksi bruker kun dynamisk spatial sekvensering når de skal huske rekkefølgen på blokkene framoverlent (CF) men bytter over til visuell resonnering når de skal huske blokkene baklengs (CB). Dyslektikere derimot, bruker samme strategi både på CF og CB. Ettersom visuell resonnering er en lettere strategi i utførelse av CF, så gjør dyslektikere det svakere på grunn av feil strategibruk. Dermed bruker dyslektikere fremdeles dynamisk spatial sekvensering uten å bytte over til visuell strategi som ikke-dyslektikere. Ved intervensjon i visuell tilnærming, blir imidlertid dynamisk spatial sekvensering byttet ut. Dermed har dyslektikere i utgangspunktet de kognitive funksjonene for å klare en slik oppgave, men trenger eksplisitt beskjed for å bytte strategi. Derfor antyder Bacon et al. (2013) antyder med at for dyslektikere handler svikt i eksekutive om feil modifisering av atferd og strategi, og ikke nødvendigvis svikt i visuell oppmerksomhet.

5.0 Diskusjon

5.1 Hovedfunn

I denne systematiske kartleggingsoversikten har det blitt redegjort for ulike teoretiske tilnærminger som forsøker å forklare årsaken bak dysleksi, og hvordan det er med på å belyse forskjellene i utfordringer hos dyslektikere. Det er redegjort for hvordan det kognitive aspektet ved dysleksi kan være med på å forklare visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere. Kartleggingsoversikten har inkludert åtte empiriske studier som studerer visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere sammenlignet med individer uten dysleksi. De inkluderte studiene er valgt etter inklusjonskriterier beskrevet i metodekapittelet. Valgte studier undersøkte visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere fra til sammen 636 deltakere. Studiene har forskjellige opprinnelsesland. De fleste studier har deltakere med engelsk som førstespråk (n=3), men inkluderer også studier utført i andre land, med skriftspråk som bosnisk, brasiliansk, maltesisk, tyrkisk og fransk. Det ble ikke funnet noen studier utført i Skandinavia som har undersøkt visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere i kontrollerte studier.

Av de åtte studiene, involverte to (Bacon et al. 2013; Schneps et al. 2012) tre forskjellige eksperimenter i samme studie. Kartleggingstestene brukt i studiene var nokså forskjellige. Det var særlig forskjeller i studier som undersøkte spatiale ferdigheter som mental rotasjon og visualisering (Oliveira et al. 2014; Duranovic et al. 2015; Martinelli og Schembri, 2015], og studier som undersøkte visuell persepsjon (Schneps et al. (2012), Duranovic et al. 2015,

Martinelli & Schembri, 2015). I tillegg var det studier som involverte undersøkelse av begge visuospatiale ferdigheter (Duranovic, 2015; Martinelli & Schembri, 2015)

I tillegg var det ulike kartleggingstester som målte de samme visuospatiale ferdighetene. Bortsett fra testen *Rey-Osterrieth Complex figure*, som to studier brukte (Duranovic et al. 2015; Mesi og Cebi, 2021;), ble det brukt andre kartleggingsverktøy i de resterende studiene. Selv om to andre studier brukte *Spatial Reasoning 12-14* (Bacon et al. 2013; Martinelli og Schembri, 2015). var likevel utvalgte deltester fra dette kartleggingsverktøyet forskjellig.

Det er mulig at forskjellige kartleggingstester kan forklare forskjellene i resultatene. Andre årsaker kan være faktorer som forskjeller i alder eller kjønn i utvalget. Disse detaljer har derfor blitt forsøkt belyst i tabellene for studiene. Imidlertid var det to studier som ikke opplyste om kjønn i utvalget (Schneps et al. 2012; Caldani et al. 2022) og to studier som ikke beskrev alder (Schneps et al. 2012; Bacon et al. 2013). I to av studiene var snittalder 10 år (Duranovic et al. 2015; Caldani et al. 2022). I to studier var alder mellom 12-15 år (Martinelli og Schembri, 2015; Mersin og Cebi, 2021). I to studier var snittalder 22 år (Collis et al. 2013; Oliveira et al 2014). I de to studiene som ikke oppga alder, var den beskrevne gruppen studenter på universitetet (Schneps et al. 2012; Bacon et al. 2013).

Spatiale ferdigheter:

I studiet som målte spatial rotasjon og visualisering (Duranovic et al. 2015), gjorde dyslektikere det betydelig bedre i *Paper folding test*, som måler ferdigheter innen mental folding, men betydelig dårligere i testen *Hidden shapes* (Martinelli og Schembri, 2015), som måler ferdigheter innen field independence (Castro-Alonso, 2019). Dette kan indikere at dyslektikere er bedre i spatiale tester som krever visualisering eller mental bretteing av objekter, men svakere i å identifisere og isolere deler av visuell informasjon fra en helhet. I Mental rotasjonstesten (MRT) var det derimot ingen signifikante forskjeller mellom dyslektikere og kontrollgruppen, og resultatet indikerer derfor at styrken hos dyslektikere ligger i å visualisere mentale bilder, mens mental manipulasjon i tre dimensjoner verken er en styrke eller svakhet.

Ettersom dyslektikere viser styrke i mental folding og ikke mental rotasjon i samme studie (Duranovic et al. 2015), kan det være interessant å se forskjellene mellom disse to

ferdighetene. En forskningsartikkel skrevet av Harris et al. (2013) belyser noen hovedforskjeller: Mental rotasjon er mer avhengig av å kunne navigere seg i et rom, ettersom det er en oppgave der objektets originale form beholdes, men orientering som endres (for eksempel ved å forestille seg at T skal bli til en L). I mental folding derimot, endres objektets form, men ikke orienteringen, for eksempel ved å brette ut et papirfly. Siden mental rotasjon er mer avhengig av å forstå objektets romslige relasjoner, kan det antydes at testen er mer avhengig av dorsal strøm. Faktisk viser en studie at det var høy aktivitet i dorsal strøm under utførelse av mental rotasjons oppgaver (Podzebenk et al. 2002; Barhoun et al. 2021), selv om det er noen kjønnsforskjeller i hvilken hjernedeler som er aktivisert (Jordan et al. 2002).

En studie som undersøkte individer som hadde fått skade i området dorsal strøm, viste at de med skadet i dorsal strøm også viste vansker innen visuospatiale ferdigheter som mental rotasjon (Atkinson 2011; Hirai et al. 2013). Siden dyslektikere uansett ikke gjorde det svakere i mental rotasjon i studien til Duranovic et al. (2015), kan det være vanskelig å forklare forskjellene i spatiale ferdigheter med utfordringer i dorsal strøm. Også i studien av Rusiak et al. (2007), gjorde dyslektikere det like effektivt som normallesere i oppgaver som målte mental rotasjon av objekter. Imidlertid gjorde dyslektikere det dårligere i mental rotasjon av bokstaver. Andre studier derimot har vist svakere mental rotasjon ferdigheter hos dyslektikere enn personer uten dysleksi, uansett objekt manipulasjon (Winner et al. 2000; Russeler et al. 2005).

Disse forskjellene er uansett vanskelig å antyde, ettersom det er flere likheter enn forskjeller mellom mental rotasjon og mental folding (Harris et al. 2013). I tillegg er dette ferdigheter som kan trenes opp, selv om dets overførbarhet til andre visuospatiale ferdigheter er usikker (Dahm et al. 2022). For fremtidige studier kan det derfor være interessant å undersøke aktiviteten i dorsal strøm hos dyslektikere, og eventuelle forskjeller det vil gi kartlegging av mental rotasjon og mental folding.

Visuospatial arbeidsminne:

I studiene som undersøkte visuospatial arbeidsminne gjorde ikke dyslektikere dårligere enn kontrollgruppe når visuospatial arbeidsminne ble målt så direkte som mulig (Collis et al. 2012; Bacon et al. 2013; Duranonovic et al 2015), som for eksempel å gjenta symboler umiddelbart etter at det har blitt presentert (Collis et al. 2012), eller huske rekkefølgen av presenterte blokker (Bacon et al. 2013). Imidlertid gjør dyslektikere det betydelig dårligere

når den visuelle hukommelsen blir belastet med andre oppgaver, som når rekkefølgen av blokker gis i omvendt rekkefølge, selv om den har blitt presentert sekvensiell (Bacon et al. 2013). Dette kan indikere at når andre funksjoner som eksekutive ferdigheter blir viktige, så gjør dyslektikere det dårligere i visuell korttidshukommelse enn kontrollgruppen. Dette styrkes av studiet til Duranovic et al. (2015). For eksempel, gjør ikke dyslektikere det dårligere enn ikke-dyslektikere i første deltest av *Rey-Osterrieth complex* og *Test of visual memory*, som innebærer å kopiere en figur fra et oppgaveark og umiddelbart etter at det har blitt presentert. Derimot gjør dyslektikere det dårligere enn kontrollgruppen i andre deltest når figuren skal tegnes etter hukommelsen. Dette kan tyde på at dyslektikere ikke har utfordringer med den visuelle delen av visuospatial hukommelse, men større utfordringer med spatial og forsinket hukommelse. Studiene var likevel noe motstridende sammenlignet med Mersin og Cebi (2021), som utvidet *Rey-Osterrieth complex* med flere deltester for å måle visuospatial arbeidsminne. I denne studien gjorde dyslektikere signifikant dårligere enn ikke-dyslektikere uansett i alle deltester (Mersin og Cebi, 2021),

En forklaring på at dyslektikere gjorde det dårligere både på visuell og spatial hukommelse i studien til Mersin og Cebi (2021) er alderen til studieobjektene. Etersom flere elementer i eksekutive funksjoner ikke er ferdig utviklet før 25 års alder (Giedd et al, 2010), kan den lave alderen i studien til Mersin og Cebi (2021) forklare vansker med visuospatial arbeidsminne som var mer avhengig av eksekutive funksjoner. En studie på 571 deltakere i alder fra 6 til 92 år, fant ut at visuospatial arbeidsminne og eksekutive funksjoner delte sterkest korrelasjon i ung alder (Brown, 2012). Mersin og Cebi (2021) forklarer selv i studien at gjennomførte tester ROCF, JLOT og CDT er alle sterkt avhengige av eksekutive funksjoner, og særlig visuell oppmerksomhet.

Forholdsmessighet og samvariasjon mellom eksekutive funksjoner som visuell oppmerksomhet og visuospatial arbeidsminne kan være en forklaring på forskjellene mellom dyslektikere og personer uten dysleksi. Blant annet er det studier som antyder at visuospatial oppmerksomhet og visuospatial arbeidsminne er en del av samme prosesseringskomponent (Feng et al. 2012; Jonides et al: 2008), og ved at de deler den samme nevrologiske anliggende (Fusser et al. 2011). For dyslektikere som har svekket visuell oppmerksomhet, kan det derfor antydes om visuospatial arbeidsminne også har en betydning, særlig i oppgaver som er mer avhengig av begge komponentene (Fusser et al. 2011).

Visuell persepsjon:

I studien som målte visuospatial orientering og navigasjon i 'naturlig' setting (Caldani et al. 2022), gjennom *path memory test* gjorde dyslektikere det dårligere enn ikke-dyslektikere når øynene var lukket og de måtte gjenta stien på trekanten så nøyaktig som mulig. Siden dyslektikere ikke gjorde det dårligere enn ikke-dyslektikere med øynene åpne, kan det tyde på at utfordringene foreligger når visuospatial arbeidsminne og orientering kreves i samme kontekst, og det er dermed ikke avhengig av visuospatial arbeidsminne alene. I tillegg ble graden av vinkelen som dyslektikere dannet annerledes sammenlignet med ikke-dyslektikere, antyder Caldani et al. (2002) at vanskene er på bakgrunn av utfordringer med balanse og koordinasjon. Ettersom dorsal strøm involvert i øyebevegelse av både koordinasjon og motorikk (Glasauer et al. 2002), mener Caldani et al. (2022) at det kan foreligge svekkelser i dorsal strøm hos dyslektikere. Denne svekkelsen vil dermed kunne føre til svakere visuospatiale ferdigheter i visuell prosessering, orientering og motorikk (Caldani et al. 2022).

Fra studien til Martinelli og Schembri (2015) gjorde dyslektikere det svakere i deltesten *Hidden shapes* som måler field independence. Selv om dette er en spatial ferdighet, måler det også visuospatial persepsjon ettersom det innebærer å skille mellom visuell informasjon, og identifisering av mønstre. Utfordringer med visuell diskriminering kan knyttes til magnocellular theory (Stein, 2019). Svikt i det magnocellulære systemet vil gjøre det vanskeligere å skille mellom forskjeller i visuelle detaljer, som forskjeller i form, størrelse og andre egenskaper (Stein, 2019), og kan forklare hvorfor dyslektikere gjør det svakere i lokal prosessering enn typisk utviklede (Martinelli & Schembri, 2015; Mersin & Cebi, 2021; Schneps et al. 2012). Med bakgrunn i magnoceular teori, kan det antas at den svake skåren i *Hidden shapes* er på grunn av vansker med å diskriminere visuell informasjon, enn på grunn av spatiale vansker. At dyslektikere gjorde det svakere i å diskriminere visuell informasjon, altså lokal prosessering, bekreftes også i studien til Schneps et al (2012).

Dyslektikere viste derimot styrke i global prosessering i studien til Schneps et al. (2012). Styrker i global prosessering, og svakhet i lokal prosessering er forenlig med tidligere studier utført av Von Karolyi (2001). I studien viste dyslektikere styrker i global prosessering, men svakheter i lokal prosessering. Disse forskjellene var enda tydeligere i utførelse av to visuospatiale tester: Impossible figure task (IFT) og Celtic matching task (CMT). I IFT, som var ment til å måle global prosessering, fikk individet to figurer og spørsmål om figurene

kunne passe i 3D eller ikke. Resultatet viste at dyslektikere var signifikant raskere til å identifisere hvilken figur som passet inn som 3D-figur enn kontrollgruppen. Resultatene av CMT, som målte lokal prosessering ved at individet måtte velge en figur fra flere alternativer som var mest mulig lik en referanse figur, og dermed være påpasselig med detaljer, viste at dyslektikere gjorde det signifikant dårligere enn kontrollgruppen (Karolyi, 2001). Funnene fra Karolyi (2001) har blitt senere replikert i studie gjort av Diehl og Pugh et al (2014) for testen Impossible figure task, også her gjorde løste dyslektikere oppgavene fortere, men ikke mer nøyaktig, enn kontrollgruppen som var ikke-dyslektikere (Diehl og Pugh. 2014). Samme studie impliserer at resultatene på IMT viser at mønstergjenkjenning for figurer kan være mer adekvat hos dyslektikere, og om fordelingen av magnoceller og parvoceller i det ventrale strømmen eventuelt kan forklare forskjellene (Diehl og Pugh et al. 2014).

Stein (2019) antyder om styrker i global prosessering kan ha noe med hjernens måte å kompensere for manglende magnoceller. Ettersom global prosessering av mer avhengig av det visuelle prosesseringssystemet ventral strøm, kan manglende magnoceller øke produksjonen av en annen type celler kalt parvoceller. Dette biologiske anliggende vil dermed kunne gi uttrykk for bedre holistiske og ferdigheter innen global prosessering (Stein, 2019).

En annen studie som kan forklare implikasjoner for eventuelle sterke global prosessering hos dyslektikere, var studien til Johnston et al. (2017). Her ble inngikk “blinkfunksjonstest” (engelsk: flicker fusion test) som ble utført på dyslektikere og ikke-dyslektikere for å måle den temporale prosesseringshastigheten, som innebar å øke frekvensen av et svakt blinkende lys helt til individet oppfattet det som en kontinuerlig lys (dette skjer fordi hjernen etter hvert oppfatter det blinkende lys som sammenhengende for å “fylle” tomrommet mellom stimuliene. Studiet viste at det hos dyslektikere krevde færre frekvens av blinkende lys før lyskilden ble oppfattet kontinuerlig, og at dyslektiker ved lav romlig spatial frekvens og høy temporal frekvens, viser mindre kontrastfølsomhet (evnen til å utskille kontraster ved rask endring, i dette tilfellet forholdet mellom det svake blinkende lyset og kontinuerlig lys).

Dette kan forklares ved at det er magnocellene i dorsal strømmen som står bak tolkningen av lav spatial romlig frekvens og høy følsomhet for det blinkende lyset (Stein, 2019), og dysfunksjonalitet i magnocellene bidrar dermed til lavere temporal prosesseringshastighet. Imidlertid, ved identifisering av objekter med høy spatial frekvens, som skjer gjennom parvocellene i den ventrale strømmen, så indikerer blant annet studie utført av Martin (1984)

at dyslektikere viser høyere kontrastfølsomhet i tester som måler høy spatial frekvens. Dermed kan evnen til å oppfatte visuelle detaljer og fange opp endringer i mønstre eller bilder som andre ikke legger merke til, være mer uttrykket hos dyslektikere. En mulig forklaring på dette kan være at parvocellene kompensere for manglende magnoceller (50 % i det ventrale stream) i den ventrale strømmen (Stein, 2019). I så fall, vil høyere kontrastfølsomhet for høy spatial frekvens være en styrke i global prosessering, som handler å gjenkjenne mønstre og se delene i helheten som en synergisk effekt, i motsetning til lokal prosessering (Goldstein-Marcusohn et al. 2020).

Det bør imidlertid sies at det likevel er sprikende resultater fra andre studier om at dyslektikere behersker global prosessering mer enn lokal prosessering. En studie utført av Franceschini et al (2017) med totalt 354 elever i grunnskole fant ut at dyslektikere både var mindre nøyaktig, og brukte mer tid, enn kontrollgruppe i tester som målte global prosessering til sammenligning med dem uten dysleksi. Også annen studie har kommet frem til samme resultat (Matthews og Martin, 2009).

5.1.2 Oppsummering av funnene

Forskningsspørsmål 1: Hvilken type visuospatiale ferdigheter er styrker og svakheter hos personer med dysleksi?

I *spatiale ferdigheter* gjør dyslektikere det bedre i visualisering sammenlignet med personer uten dysleksi (Duranovic et al. 2015). I tester som måler mental rotasjon er det ingen forskjeller mellom dyslektikere og personen dysleksi.

I *visuospatial arbeidsminne* gjør personer med dysleksi det bedre når testen er mindre avhengig av visuell oppmerksomhet (Bacon et al. 2013; Oliveira et al. 2014; Mersin og Cebi, 2021). Dermed viser personer med dysleksi ikke vansker med visuelt arbeidsminne, men med spatiale arbeidsminne (Bacon et al. 2013). I andre studier gjorde dyslektikere derimot det dårligere enn personer uten dysleksi uansett type visuospatial arbeidsminne (Mersin og Cebi, 2021).

I *visuell persepsjon* gjør personer med dysleksi det svakere i orientasjon og navigasjon. I tillegg gjør personer med dysleksi det svakere i tester som lokal prosessering og visuell

diskriminering (Schneps et al 2012; Martinelli og Schembri, 2015; Mersin og Cebi, 2021). Imidlertid viser personer med dysleksi i global og holistisk prosessering (Schneps et al. 2012).

Forskningsspørsmål 2. Hvordan kan visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi forstås i lys av forklaringsmodeller for dysleksi?

I valgte studier redegjøres det for ulike forklaringer på hva som kan forklare forskjellene visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi. To av studiene nevner at svekkede magnoceller kan være årsaken vansker med visuospatial arbeidsminne, visuell persepsjon og visuell oppmerksomhet (Schneps et al, 2012; Mersin og Cebi, 2021). For eksempel, at personer med dysleksi gjør det bedre i visualisering enn mental rotasjon forklares ved at mental rotasjon er ferdigheter som er nærmere koblet til dorsal strøm, et område som påvirkes av dysfunksjonelle magnoceller og som personer med dysleksi ofte viser utfordringer i (Schneps et al. 2012; Atkinson 2011; Hirai et al. 2013; Stein 2019; Mersin og Cebi, 2021). Fem av åtte studier nevner svekket visuell oppmerksomhet som en forklaring på hvorfor dyslektikere gjør det svakere i oppgaver som måler *visuospatial arbeidsminne* (Bacon et al. 2013; Oliveira et al. 2014; Mersin og Cebi, 2021), *spatiale ferdigheter* (Oliveira et al. 2014, Martinelli og Schembri, 2015) og *visuell persepsjon* (Schneps et al 2012; Caldani et al. 2022). Alle åtte studier nevner svekket eksekutive funksjoner som en forklaring på hvorfor dyslektikere gjør det dårligere i en eller flere deltester. Det gjelder altså både visuospatial arbeidsminne, visuell persepsjon og spatiale ferdigheter. Noen studier koblet i tillegg det opp mot visuell oppmerksomhet (Schneps et al. 2012; Collis et al. 2012), mens andre mot magnocelluar teori (Mersin og Cebi, 2021).

5.3 Sterke og svake sider ved kartleggingsoversikten

En svakhet ved kartleggingsoversikter som scoping reviews er at valgte studier ikke vurderes kritisk slik det blir gjort i systematiske oversikter, og kan føre til at studiene med lav kvalitet innlemmes. Dette har blitt forsøkt begrenset gjennom klare inklusjonskriterier. Imidlertid kan slike inklusjonskriterier svekke kartleggingsoversiktens representativitet, for eksempel ved at tallet på valgte studier blir for lavt til å kunne danne et godt nok bilde av tilgjengelig forskning om visuospatiale ferdigheter og dyslektikere. Slike inklusjons og eksklusjonskriterier kan derfor paradoksalt underminere formålet til metodikken i systematisk kartleggingsoversikter, som er å kartlegge tilgjengelig forskning innenfor valgte område

(Munn et al. 2018). Samtidig kan begrensningene med inklusjonskriteriene ha bidratt til at viktige perspektiver ikke har blitt tatt med. I en større oversikt kunne validiteten sikres grundigere, for eksempel ved at en undersøkte alle type visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere, uansett årstall og opprinnelsesland for studiene. I tillegg til at disse studiene hadde blitt metodisk vurdert, kunne en slik innlemmelse sørget for en mer detaljert oversikt. Det ville imidlertid vært svært ressurskrevende, og på grunn av begrenset tid ble det satt tydelige inklusjonskriterier valgt opp mot forskningsspørsmålene.

I denne kartleggingsoversikten er det derfor for få studier til å kunne endelig konkludere med noe som helst. Imidlertid er formålet med denne kartleggingsoversikten å belyse de empiriske studiene som eksisterer, satt opp mot inklusjonskriteriene. Derfor har det systematiske litteratursøket og en forhåndsutviklet søkestrategi vært med på å gi et omfang av empiriske studier relevant til forskningsspørsmålene. De valgte studiene har blitt valgt gjennom klare inklusjon og eksklusjonskriterier, og det kan derfor sies å ha vært med å bidra til kvalitetssikrede elementer ved valgte studier. For eksempel, er alle valgte studier ikke eldre enn ti år, alle studier er fagfellevurderte, og alle studier undersøker en eller flere visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere sammenlignet med en kontrollgruppe av typisk utviklede individer. I tillegg undersøker alle studier dyslektikere i et alfabetisk skriftspråk.

Imidlertid kan begrensningen av studier som tar for seg alfabetisk skriftspråk ført til at viktig kunnskap om dysleksi og visuospatiale ferdigheter fra andre land ikke blir belyst. Spørsmålet om 'kjernevansker', gjelder også i debatten logografiske skriftspråk. Empiriske studier (Valdois, e al. 2012; Cheng, et al. 2021) indikerer at dyslektikere i logografiske språk har svakheter med verbal visuell oppmerksomhet (engelsk: verbal visual attention), og ikke visuell oppmerksomhet (engelsk: visuo attention), altså utfordringer med å umiddelbart gjenkjenne bokstaver og verbalt materiale enn symboler eller farger. Verbal visuell oppmerksomhet overlapper tillegg med fonologiske vansker (Cheng et al. 2021), og en annen studie i Kina konkluderer også med at 68 % av dyslektikere (N=223) hadde lite utviklet fonologisk bevissthet (Song, et al. 2020), selv om andre studier viser at så lavt som at 8 % har utfordringer med fonologisk bevissthet (Chung, et al, 2018). Selv om forskjeller i fonologisk bevissthet i kinesisk skriftspråk kan forklares av metodiske forskjeller i studiene, begrunnes avgrensning til alfabetisk skriftspråk både på bakgrunn av ovennevnte faktorer. Et paradoks med en slik begrensning er åpenbart det paradoksale med oppgavens delformål om å undersøke heterogenitet blant dyslektikere. Imidlertid be denne vurderingen tatt for å sikre

kartleggingens validitet til norske forhold, og fordi inkludering av visospasiale ferdigheter i alle språk ville gjort oppgaven svært prekært.

Det kunne til og med avgrensnes enda mer. For eksempel, så er avgrensninger ikke denne oversikten sammenlignet med metastudien til Chamberlain (2018), til kun spatiale ferdigheter. En svakhet kan være at fravær av en slik avgrensning gir en begrenset dybdeforståelse. For eksempel, forbindes ofte styrker i visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere med spatiale ferdigheter som mental rotasjon og visualisering (Tafti et al. 2014; Duranovic, 2015). Selv om denne systematiske kartleggingsoversikten inkluderer studier som undersøker spatiale ferdigheter hos dyslektikere, inkluderes også studier som setter søkelys på visuell prosessering, ferdigheter som persepsjon, navigasjon og orientering. Det vil åpenbart gå på bekostning av en mer detaljert forståelse av visuospatiale ferdigheter. Årsaken til at denne avgrensningen likevel ikke har funnet sted, begrunnes med valg av forskningsspørsmål og metodeverktøy. Oppgavens formål har vært å belyse styrker og svakheter av visuospatiale ferdigheter hos dysleksi, og hvordan dette kan forklares av relevante forklaringsmodeller for dysleksi. Dermed er det naturlig å ta for seg hele omfanget av visuospatiale ferdigheter, og som kan være med å avdekke eventuelle kunnskapshull, pedagogiske implikasjoner og behov for videre forskning. Dette er sammenfallende med valg av metode som er systematisk kartleggingsoversikt (Munn et al. 2018).

I tillegg er det en naturlig følge av at dysleksi er en sammensatt vanske og som dermed vil kunne gi uttrykk med forskjeller i visuospatiale ferdigheter. En styrke i det er at resultatene i valgte studier kan tolkes på bakgrunn av andre forklaringer til dysleksi enn det fonologiske, og at forskjeller i eventuelle ferdigheter mellom dyslektikere og ikke-dyslektikere kan være resultat av forskjellige forklaringsmodeller i måten dysleksi forstås på. En svakhet kan imidlertid være at det bidrar til å røste opp i 'gamle myter' og underminere evidensbasert kunnskap som den fonologiske tilnærmingen. Imidlertid er andre forklaringsmodeller ikke uten empirisk belegg, og rent vitenskapelig kan de sammensatte vanskene hos dyslektikere forklares av andre årsakmodeller for dysleksi, til tross for at den fonologiske teorien er en velprøvd teori (Stein, 2019).

I tillegg er det andre åpenbare svakheter, som er generelle for systematiske kartleggingsoversikter. Det kan vanskelig å trekke noen slutning ut fra enkeltstudier, ettersom studieobjektene har forskjellig aldre og kjønn. For eksempel skårer ofte menn bedre i

visuospatiale ferdigheter. (Ramirez-Uncles, 2020). Andre svakheter er at kvalitet på studiene ikke vurderes, og det er derfor vanskelig å trekke klare slutninger og generalisere forholdene (Peters et al. 2022). Et eksempel på det kan være seleksjonsbias, for eksempel at utvalget i studiene er inkludert for å gi et skjevt bilde av at dyslektikere har bedre eller svakere visuospatiale ferdigheter enn personer uten dysleksi. I studien til Schneps et al. (2012) er utvalget av dyslektikere fra en kunsterskole, sammenlignet med personer uten dysleksi fra Harvard University. Dette kan gjøre det prekärt å trekke slutninger på grunn av utvalg bias (Munn et al. 2018).

5.4 Hvor overførbart er kartleggingsoversikten til norske forhold?

I en systematisk kartleggingsoversikt vil inklusjons- og eksklusjonskriteriene være påvirkende faktorer på overførbart fra undersøkte studier (Micah, D.J, et al. 2020). Dette er fordi valgte studier vil være basert på en strategisk vurdering som vil være relevant til forskningsspørsmålene. I denne oppgaven var blant inklusjons- og eksklusjonskriterier at valgte studier måtte ha studieobjekter som undersøkte personer med dysleksi i et alfabetisk skriftspråk. Etersom norsk også er et alfabetisk skriftspråk, kan det antas at det er små forskjeller mellom undersøkte studier og personer med dysleksi i Norge. En større forskjell ville altså vært å sammenligne dyslektikere i logografiske språk sammenlignet med alfabetiske skriftspråk (Siok & Niu, et al. 2008). For eksempel viser det som tidligere nevnt at dyslektikere i logografiske språk viser forskjeller i visuospatial prosessering og arbeidsminne sammenlignet med alfabetisk skriftspråk (Siok & Niu, et al. 2008, Li, et. al, 2022). Derfor kan det innvendes at overførbart styrkes til norske forhold ettersom undersøkte studier kun har med dyslektikere med et alfabetisk skriftspråk.

Imidlertid er det likevel forskjeller i skriftspråkene hos deltakerne i studiene. Siden diagnostisering av dysleksi baseres etter testskåre, kan utvalget av dyslektikere ha større variasjon i fonologiske ferdigheter på forskjellige skriftspråk. Studier viser eksempelvis at forskjeller i ortografisk dybde, påvirker også prevalensen av de som diagnostiseres med dysleksi (Barbiero et al. 2012). Mer transparente skriftspråk (mindre forskjeller mellom fonemer og grafemer) som norsk kan derfor ha forskjellig forekomst av dyslektikere med fonologiske ferdigheter enn mindre transparente skriftspråk som engelsk. For eksempel i forskjeller i fonologisk prosessering hos dyslektikere, ettersom den det alfabetiske prinsipp er lettere å 'knekke' i mer transparente skriftspråk. Selv om den kognitive profilen blant

dyslektikere ikke ser ut til å vise store forskjeller i forskjellige skriftspråk (Richlan, 2014), har andre studier vist at forskjeller i visuospatiale ferdigheter kan ha forskjellig prevalens avhengig av skriftspråket (Nakamura et al. 2012). Dette er igjen avhengig av andre underliggende komponenter, som visuell oppmerksomhet og arbeidsminne. For eksempel, en studie som sammenlignet leseprofilene til dyslektikere i gresk og engelsk, viste at dyslektikere i engelsk hadde større problemer med fonologisk bevissthet, og dyslektikere i gresk hadde flere utfordringer med arbeidsminne og visuell oppmerksomhet (Diamantli et al. 2017). Selv om forskningen er sprikende her (Caravolas et al. 2013), er det ikke urimelig å anta at forskjellige leseprofiler fra forskjellige skriftspråk, også er med på å gi forskjellige kognitive profiler. Dermed kan ulike kontekster påvirke overførbarheten til norske forhold, og utfordringer eller styrker med ulike visuospatiale vil også være avhengig av forskjeller fra forskjellig kultur, undervisningsforskjeller og tilgjengelig hjelp (Pugh et al, 2017). En videre implikasjon er at det er nødvendig med studier som undersøker visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere i Norge.

Imidlertid er spørsmålet om overførbarhet og generalisering like viktig for systematisk kartleggingsoversikter som andre oversikter, ettersom hovedformålet med slike oversikter ikke er å kunne generalisere til andre forhold, men heller belyse og beskrive eksisterende forskning innenfor et bestemt fenomen (Munn et al. 2018). Dermed kan denne oversikten ha mer intern validitet enn ekstern validitet der resultatene om visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere gjelder de spesifikke gruppene som er undersøkt, og har ikke nødvendig overførbarhet til dyslektikere med norsk bakgrunn. Det kan også stilles spørsmål ved den interne validiteten, ettersom denne kartleggingsoversikten ikke har en grundig metode for analyse annet enn narrativ beskrivelse og tabellbruk. Selv om forskningsspørsmålene har virket som et 'verktøy' for å gi et bilde av hvilken data som skal innhentes, er ikke dataen kvalitetssjekket med tanke på statistisk sikkerhet. For eksempel estimatene på p-verdier eller konfidensintervallene. Dette kan gi statistisk usikkerhet og dermed begrenset intern validitet for undersøkte studier (Micah, D.J et al, 2020). I tillegg kan seleksjonsbias føre til svakere ekstern validitet. Det kan hende at ulike metodikk i studiene kan påvirke generaliserbarheten til norske forhold, for eksempel kan ulike målemetoder kartlegge visuospatiale ferdigheter på en annen måte. Det større heterogeniteten i studiene, med forskjellige problemstillinger, metode og fokus, kan gjøre analysen og tolkningen av studiene så komplekst at det kan bli vanskelig å utføre en grundig analyse av funnene.

5.5 Overensstemmelse med tidligere oversikter

Tidligere oversikter som har undersøkt visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere har gitt forskjellige resultater. Det har bekjent vært to metaanalyser som har sett på forskjeller i visuospatiale ferdigheter mellom dyslektikere og personer uten dysleksi. Disse har ikke blitt innlemmet i oversikten ettersom de ikke oppfylte alle kriteriene til inklusjons- og eksklusjonskriteriene. Imidlertid vil resultatene fra disse studiene kort redegjøres for her.

I metastudien til Taft, Boyle og Crawford (2014) involverte tolv studier med til sammen 324 dyslektikere og 304 typisk utviklede, som undersøkte visuospatiale ferdigheter knyttet til visuell persepsjon og visuell oppmerksomhet. I metastudien gjorde personer med dysleksi det signifikant svakere i visuell oppmerksomhet og visuell persepsjon enn typisk utviklede med gjennomsnittlig effektstørrelse på .72 (medium effektstørrelse). Abnormaliteter i magnoceller ble identifisert som en viktig variabel for svake visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere, og det ble funnet signifikant dysfunksjonalitet i magnoceller hos dyslektikere sammenlignet med typisk utviklede (gjennomsnittlig effektstørrelse på 1.3). Dermed er denne metastudien med på å styrke samvariasjonen mellom dysfunksjonelle magnoceller og visuell oppmerksomhet og visuell persepsjon.

I metastudien til Chamberlain, Brunswick, Siev og McManus (2018) involverte 36 studier og med totalt 956 personer med dysleksi og 909 typisk utviklede. Dyslektikere gjorde det samlet sett svakere i alle oppgaver som målte visuospatiale ferdigheter, med en effektstørrelse på -.0457 (medium effektstørrelse). Dyslektikere gjorde det signifikant svakere i alle tre undersøkte kategorier: visuospatial arbeidsminne, visuospatial persepsjon, og spatiale ferdigheter knyttet mental rotasjon og visualisering. Det var høyest effektstørrelse for oppgaver knyttet til visuospatial arbeidsminne (og spatiale ferdigheter (-.0706, $p=.0090$), og minst for visuospatial persepsjon (-.389, $p=.0695$).

5.5 Resultatenes betydning for praksis

Siden studiene ikke har blitt vurdert på kvalitet, er det vanskelig å si noe om hvilken følger resultatene kan ha for praksis. I tillegg er det få studier som har blitt undersøkt, og det er risiko for at det dannes systematiske skjevheter. Det er særlig fordi det har vært et stort spenn i forskjellige deltakere, kartleggingsverktøy som har blitt brukt, og visuospatiale ferdigheter

som har blitt undersøkt. Med bakgrunn i det forfattere av inkluderte studier selv skriver, er det likevel mulig å løfte fram noen viktige implikasjoner.

Studien til Bacon et al. (2013) indikerer at dyslektikere har utfordringer med å velge den mest hensiktsmessige strategien i utførelse av oppgaver som krevde visuospatial arbeidsminne. Dyslektikere mangler imidlertid ikke evnen til å bruke riktig strategi, da instruksjon i riktig strategi gjorde at skåren mellom dyslektikere og normallesere havnet noenlunde på samme nivå. Bacon et al. (2013) antyder derfor at dersom dyslektikere eksplisitt blir instruert i riktig strategibruk, kan deres visuospatiale arbeidsminne komme til det samme nivået som personer uten dysleksi. Studien impliserer til slutt at lærere bør ta dette med seg i arbeid med dyslektikere, og vurdere og insinuere om å bruke kognitive strategier som er mest hensiktsmessig for de aktuelle oppgavene.

Også studien til Duranovic et al. (2015) antyder at utfordringer med visuospatial arbeidsminne kan være underbygd i utførelse av feil eller fravær av strategi. For eksempel gjorde dyslektikere det like bra i deltesten ROCF som innebar å tegne en figur rett etter at den ble presentert, men svakere når forsinket hukommelse ble målt (engelsk: delayed memory). For eksempel, å tegne samme figur etter at det hadde gått en viss tid. Denne testen er mer avhengig av riktig bruk av metakognitive ferdigheter som planlegging og strategi (Duranovic et al. 2015). Disse ferdighetene inngår i spennet av kognitive ferdigheter som eksekutive funksjoner har ansvar for (Bull et al, 2008; Wang, 2018), og som dyslektikere ofte viser svakhet i (Farah et al. 2021). Informasjon om hvilke strategier dyslektikere bruker, og innlæring av en passende strategi kan dermed være kompenserende. Etersom det ofte kan være vanskelig å generalisere kunnskap hos mange med lærevansker eller andre tilstander, så er det nødvendig med repetisjon slik at det fester seg (Wang et al. 2018).

Imidlertid gjorde dyslektikere det bedre enn normallesere i todimensjonale spatiale tester (PFT) som er sterkt avhengig av eksekutive funksjoner enn normallesere (Miyake et al. 2001, Duranovic et al. 2015). Det er fordi denne type oppgaver krever analyse og planlegging, samt endring av strategi underveis. Det naturlige spørsmålet blir da om dette er avhengig av andre typer eksekutive ferdigheter enn i oppgaver der visuospatial arbeidsminne er direkte involvert, og om bevissthet rundt kan legge til rette for at overgangssituasjoner, for eksempel i matte eller naturfag, blir gjort på en annen måte.

I tillegg gir det pedagogiske implikasjoner for pedagogisk- psykologisk tjeneste (PPT). Blant mandatet til PPT er utførelse av individbaserte oppgaver, for eksempel gjennom kartlegging av elever og videre tilrådning av tiltak til skolen (Samuelsen og Bargel, 2018). Den individuelle forståelsesrammen av visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi kan derfor styrke forståelsen av særtrekk hos individet. For eksempel kan en grundig utredning av barnets profil legge til rette for eventuelle styrker i visuospatiale ferdigheter. Med bakgrunn i dette kan pedagogiske tiltak og tilnærminger tilpasses etter dette utgangspunktet. Det kan være berettiget at det tas hensyn til både ulike kartleggingsverktøy, men også forskjellige deltester i testbatteriene. Etersom personer med dysleksi viser styrke i global prosessering og utfordringer med lokal prosessering (von Karlyi 2001, 2003; Schneps et al. 2012; Martinelli og Schembri, 2015), kan tester som måler kognitiv profil som WISC-V gi indikasjoner på styrke og utfordringer i visuospatial prosessering. For eksempel er deltest 'symbolleting' mer avhengig av lokal prosessering enn terningmønster, og en diskrepans i skårene mellom disse to deltestene kan gi indikasjoner på forskjeller i måter å prosessere visuell informasjon på (Cardillo et al. 2017). I tillegg kan kunnskap om forskjeller i visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi gi antydninger til andre vansker. For eksempel, er deltest Block design i WISC-V mindre avhengig av visuospatial arbeidsminne enn det deltesten visuelt puslespill er, selv om begge inngår i visuospatial indeks (VSI) (Caridollo et al. 2017). En stor diskrepans mellom disse to ulike deltestene kan derfor gi antydninger om utfordring eller styrker i visuospatial arbeidsminne. I tillegg kan PPT innlemme forskjellige testbatterier som ble brukt i utvalgte studier til å måle visuospatiale ferdigheter, og støttefunksjoner som eksekutive ferdigheter og visuell oppmerksomhet. Dette kan gi et mer helhetlig bilde forskjeller i visuospatiale ferdigheter, for eksempel ved å innlemme Rey Complex Figure Test (RCFT) og WISC-V.

5.6 Avsluttende bemerkninger

Det er ikke oppsiktsvekkende eller uventet at denne kartleggingsoversikten ikke konkluderer med et enfoldig svar om dyslektikere viser styrke eller svakheter i visuospatiale ferdigheter. Fra Rudolf Berlin beskrev personer som ikke kunne lese til tross for normalt syn for «Ordblinde», har forskere forsøkt finne forklaringsmodeller som kan forklare årsaken bak dysleksi (Helland, 2019). At personer med dysleksi kan vise styrker i andre ferdigheter til tross for sine vansker, er en spennende pedagogisk tanke. Det kan legge til rette for tilrådning

av tiltak som kan spille på disse styrkene. I tillegg kan det åpne muligheter for å oppsøke profesjoner og yrker som er mer avhengig av disse styrkene der personer med dysleksi kan oppleve mestring og suksess (von Karolyi, 2003).

I ren Karl Poppers hypotesegenerering er hypotesen om at «dyslektikere viser styrker i visualisering eller global prosessering» ikke falsifiserbart. Og heller ikke «dyslektikere viser svakhet i lokal prosessering». Årsaken er enkel som kompleks: Dysleksi er en svært heterogenerisk kategori, og dyslektikere tilhører en gruppe med forskjellige sammensatte vansker (Zoubrinetzky et al. 2014). I en slik sammenheng er det heller berettiget å formulere at studien til Duranovic et al. (2015) viser at dyslektikere viser styrke i visualisering, og at studien til Schneps et al. (2012) viser styrker i global prosessering og svak lokal prosessering hos dyslektikere.

På samme måte, noen studier viser at dyslektikere viser vansker innen visuell oppmerksomhet (Vidyasagar, 2010; Lawton 2016; Peters et al. 2019; Tara, 2022). Noen studier viser dyslektikere viser vansker innen visuospatial arbeidsminne (Bosse og Valdois, 2009; Duranovic et al. 2015; Giovagnoli et al; 2016 Chamberlain, et al. 2018; Mersin og Cebi, 2021). Noen studier viser at dyslektikere viser vansker innen elementer av eksekutive funksjoner (Bacon et al. 2013; Collis et al. 2013). Noen studier viser at dyslektikere gjør det svakere i tester som måler lokal prosessering (Karolyi, 2001, 2003; Schneps et al. 2012; Martinelli og Schembri, 2015). Høy komorbiditet til andre vansker som ADHD, dyskakuli og språkvansker gjør vansken enda mer sammensatt (Zoccolotti et al. 2016).

Disse implikasjoner gjør det prekært entydig å forstå visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere. Særlig ettersom dysleksi i diagnosestilling baserer seg på en normalfordelingskurve, og utfordringene, enten det er i fonologisk bevissthet eller RAN, er basert på et menneskeskapt arbitrært menneskeskapt 'kutt' som bestemmer en diagnose (Melby-Lervåg, 2018; Protopapas og Parilla, 2018). Resultatet er forskjellige leseprofiler hos dyslektikere, men også forskjellige kognitive profiler (Stein, 2019). Det kan videre stille spørsmål ved om de individuelle forskjellene som eksisterer hos dyslektikere er av større variasjon enn de individuelle forskjeller som eksisterer hos personer uten dysleksi. For eksempel, konkluderer Chamberlain (2018) i en metastudie at personer med dysleksi viser større variasjon i visuospatiale ferdigheter, sammenlignet med personer uten dysleksi. Denne variasjonen kan igjen forklares av det sammensatte bilde hos personer med dysleksi.

Rent forskningsmessig kan undergrupper av dyslektikere forenkle forskning av visuospatiale ferdigheter hos dyslektikere, fordi det gjør gruppen av dyslektikere så like som mulig. For eksempel, avkrefter ikke Stein (2019) at noen dyslektikere kun har fonologiske vansker. Imidlertid mener Stein (2019) at det underliggende årsaken bak vanskene dyslektikere, er dysfunksjonelle magnoceller. Hvis dysfunksjonelle magnoceller også påvirker ferdigheter som visuell oppmerksomhet (Schneps et al 2012; Stein, 2001, 2019), og visuell oppmerksomhet korrelerer med visuospatial arbeidsminne (Feng et al. 2012; Valls-Serrano et al. 2022), kan en anta at dyslektikere med lesevansker på grunn av dysfunksjonelle magnoceller, også vil ha utfordringer med andre komponenter som magnoceller påvirker, som visuell oppmerksomhet (VAS), og deretter eventuelle ferdigheter i enkelte visuospatiale ferdigheter (Mersin og Cebi, 2021).

Dysfunksjonelle magnoceller kan videre forklare om hjernen kompenserer for vanskene ved å styrke andre visuelle prosesseringssystemer som ventral strøm, og dermed global prosessering og holistisk persepsjon (Von Karolyi, 2003, Schneps et al. 2012). Det er åpenbart et stort sprang fra nevrobiologiske årsaksforklaringer til nevrokognisjon og deretter symptomnivå. Hjernen er et komplekst organ, og det kan være en simplifisert forklaring på noe svært intrikat.

Med dette i bakteppet, belyser ikke oppgaven annet enn det som allerede foreligger: Dysleksi er en svært heterogenerisk vanske. Derfor er det naturlig å anta at noen personer med dysleksi vil gjøre det bedre i visuospatiale ferdigheter enn andre, mens andre vil det gjøre det svakere. Det er heller ikke slik at underliggende elementer hos noen dyslektikere er årsaken bak vansken. For eksempel, kan svekket magnoceller hos noen dyslektikere være resultat av manglende eksponering for tekst på grunn av fonologiske vansker (Olulade et al. 2013; Stein 2018).

Fra et pedagogisk perspektiv kan denne diskusjonen tolkes besynderlig, ettersom pedagogiske intervensjoner som fokuserer på utvikling fonologiske ferdigheter er gode tiltak for barn med avkodingsvansker (Melby-Lervåg, Lyster, og Hulme, 2012). Det kan dermed ikke gjentas til det evinnelige, om heller på pergament: Årsaken til at fonologiske teorien er den mest siterte teorien om dysleksi (Zhang et al. 2021), er fordi det er en velprøvd teori som gjelder dysleksi (Ehri et al, 2001; Snowling, 1998; Melby-Lervåg, Lyser og Hulme, 2012). Det er den fonologiske teorien som gjorde det mulig å skille dysleksi fra andre årsaker til lesevansker (Stein, 2018). Denne oppgaven har dermed som nevnt ikke hatt som utgangspunkt å utfordre

denne forståelsen, men heller hvordan dysleksi i lys av andre forklaringsmodeller kan forklare hvordan visuospatiale ferdigheter uttrykkes hos personer med dysleksi.

For videre forskning kan hensyn til de individuelle forskjellene blant dyslektikere bidra til en bedre forståelse av «The three-level framework» (Frith, 1999), både på biologisk, kognitiv og symptomnivå. Dette kan videre være med å belyse en dypere og inngående forståelse av underliggende årsaker hos personer med dysleksi, og bevissthet rundt visuospatiale ferdigheter hos personer med dysleksi. For pedagogiske implikasjoner er dette uansett svært aktuelt, ettersom det kan legge til rette for mer differensierte tiltak. For eksempel, en dypere forståelse av hvorfor noen personer med dysleksi viser styrker i global prosessering (Schneps et al. 2012) og visualisering (Duranovic et al. 2015) kan legge til rette for eksponering og opplæring som utnytter disse ferdighetene, og som videre kan være kompensierende for svake lese- og skriveferdigheter. Dette vil være ett steg nærmere anordningen fra Stortingsmelding fra Kunnskapsdepartementet “Tett på - tidlig innsats på og inkluderende fellesskap i barnehage, skole og SFO” med fokus på individets styrker (Meld. St.6, 2019-2020). Og kanskje er det ett steg nærmere å forstå anekdoter om hvorfor Einstein og Da Vinci viste styrker i nettopp de samme visuospatiale ferdighetene som studiene undersøkt her viser (Schneps et al. 2012; Duranovic et al. 2015; Dunbar, 2022).

Referanseliste

Alipour, A., Beggs, J.M., Brown, J.W., & James, T.W. (2022). A computational examination of the two-streams hypothesis: which pathway needs a longer memory? Springer Nature. [A computational examination of the two-streams hypothesis: which pathway needs a longer memory? | SpringerLink](#)

Ans, B., Carbonnel, S., & Valdois, S. (1998). A connectionist multiple-trace memory model for polysyllabic word reading. *Psychological Review*, 105(4), 678-723. [A connectionist multiple-trace memory model for polysyllabic word reading. \(apa.org\)](#)

Atkinson, J. & Braddick, O. (2011). From genes to brain development to phenotypic behavior: «dorsal-stream vulnerability» in relation to spatial cognition, attention, and planning of actions in Williams syndrome (WS) and other developmental disorders, *Prog Brain Res*, 189, 261-283.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21489394/>

Avitia, M.J., Bray, M., Kaufmann, A.S., & Kaufmann, J.C. (2019). Relationship between reading and long-term storage and retrieval (Glr) in collage students. *Applied Neuropsychology: Adult*, 26(2), 111-123. [Relationship between reading and long-term storage and retrieval \(Glr\) in college students: Applied Neuropsychology: Adult: Vol 26, No 2 \(tandfonline.com\)](#)

Bacon, E., & Handley, S.J. (2009). Dyslexia and reasoning: The importance of visual processes. *British Journal of Psychology*. [\(PDF\) Dyslexia and reasoning: The importance of visual processes \(researchgate.net\)](#)

Bacon AM, Parmentier FB, Barr P. Visuospatial memory in dyslexia: evidence for strategic deficits. *Memory*. 2013;21(2):189-209. doi: 10.1080/09658211.2012.718789. Epub 2012 Aug 28. PMID: 22928929.

Baddeley, A.D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. Elsevier. [Working Memory - ScienceDirect](#)

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? Elsevier.

Barbosa, T., Rodrigues, C. C., Mello, C. B., Silva, M. C. S. E., & Bueno, O. F. A. (2019). Executive functions in children with dyslexia. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, 77(4), 254–259. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20190033>

Barhoun, P., Fuelscher, I., Do, M., He, J, L., Bekkali, S., Cerins, A., Youssef, G, J., Williams, J., Enticott, P, G. & Hyde, C. (2021). Mental rotation performance in young adults with and without developmental coordination disorder. *Human Movement Science*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016794572100035X?via%3Dihub>

Beaupre-Boivin, K., & Chapleau, N. (2019). Interventions to Support the Development of Spelling Knowledge and Strategies for Children with Dyslexia. Scientific and Academic publishing. [Interventions to Support the Development of Spelling Knowledge and Strategies for Children with Dyslexia \(sapub.org\)](#)

Behan, P., Geschwind, N. (1982). Left-handedness: association with immune disease, migraine, and developmental learning disorder. Psychology. [Left-handedness: association with immune disease, migraine, and developmental learning disorder. - PMC \(nih.gov\)](#)

Best, J. R. & Miller, P. H. (2010). A developmental Perspective on Executive Function. Child Dev, 81(6), 1641-1660. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3058827/>

Bhavin, R.S., & Young, R. (2016). Two Visual Pathways in Primates Based on Sampling of Space: Exploitation and Exploration of Visual Information. Frontiers in human Neuroscience.

[Frontiers | Two Visual Pathways in Primates Based on Sampling of Space: Exploitation and Exploration of Visual Information \(frontiersin.org\)](#)

Bielle, F., Valdois, S., & Zoubrinetzky, R. (2014). New Insights on Developmental Dyslexia Subtypes: Heterogeneity of Mixed Reading Profiles. Plos one. [New insights on developmental dyslexia subtypes: heterogeneity of mixed reading profiles - PubMed \(nih.gov\)](#)

Boccia, M., Piccardi, L., Di Marco, M., Pizzamiglio, L., & Guariglia, C. (2016). Does field independence predict visuo-spatial abilities underpinning human navigation? Behavioural evidence. *Experimental brain research*, 234(10), 2799–2807. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4682-9>

Boets, B., de Beeck, H.O., Vandermosten, M., Scott, S.K., Gillebert, C.R., Mantini, D., Bulthe, J., Sunaert, S., Wouters, J., & Ghesquiere, P. (2013). Intact but less Accessible Phonetic Representations in Adults with Dyslexia. [Intact but less Accessible Phonetic Representations in Adults with Dyslexia - PMC \(nih.gov\)](#)

Braddick, O. (2001). Visual Perception, Neural basis of. Elsevier. [Visual Perception, Neural Basis of - ScienceDirect](#)

- Brosnan, M., Demetre, J., Hamill, S., Robson, K., Shepherd, H., & Cody, G. (2002). Executive functioning in adults and children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, *40*(12), 2144–2155. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(02\)00046-5](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(02)00046-5)
- Brunswick, N. (2010). Unimpaired reading development and dyslexia across different languages. In N. Brunswick, S. McDougall, & P. de Mornay Davies (Eds.), *Reading and dyslexia in different orthographies* (pp. 131–154). Psychology Press.
- Bosse, M. L., Tainturier, M. J., & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia: the visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, *104*(2), 198–230. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.05.009>
- Bosse, M.L., & Valdois, S. (2009). Influence of the visual attention span on child reading performance: a cross-sectional study. United Kingdom Literacy Association.
- Burr, D., Gori, M., Sandini, G., Vercillo, T. (2014). Tactile feedback improves auditory spatial localization. *Frontiers in Psychology*. [Frontiers | Tactile feedback improves auditory spatial localization \(frontiersin.org\)](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00101)
- Caldani, S., Baghdadi, M., Peyre, H., Khoury, E., Delorme, R. & Bucci, M, P. (2022). Poor visuo-spatial orientation and path memorization in children with dyslexia. *Nord J Psychiatry*, *76*(3), 195-201. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34278919/>
- Castro-Alonso, J.C. (2019). *Visuospatial Processing for Education in Health and Neutral Sciences*. Springer.
- Castles, A., & Coltheart, M. (1993). Varieties of developmental dyslexia. Elsevier. [Varieties of developmental dyslexia - ScienceDirect](https://doi.org/10.1016/0010-0285(93)90003-9)
- Cattaneo. C., Facoetti, A., Galli, R., Geiger, G., Lorusso, M.P., Molteni, M., & Pozzoli, U. (2008). Wide and Diffuse Perceptual Modes Characterize Dyslexics in Vision and Audition. *Sage Journals*. [Wide and Diffuse Perceptual Modes Characterize Dyslexics in Vision and Audition - Gadi Geiger, Carmen Cattaneo, Raffaella Galli, Uberto Pozzoli, Maria Luisa Lorusso, Andrea Facoetti, Massimo Molteni, 2008 \(sagepub.com\)](https://doi.org/10.1177/1083426908318888)

- Chamberlain, S.R., Blackwell, A.D., Fineberg, N.A., Robbins, T.W., & Sahakian, B.J. (2005). The Neuropsychology of obsessive compulsive disorder: the importance of failures in cognitive and behavioral inhibition as candidate endophenotypic markers. Elsevier. [The neuropsychology of obsessive compulsive disorder: the importance of failures in cognitive and behavioural inhibition as candidate endophenotypic markers - ScienceDirect](#)
- Cheng, C., Yao, Y., Wang, Z. & Zhao, J. (2021). Visual attention span and phonological skills in Chinese developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, 116. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0891422221001645>
- Cheng, Y., Yang, X., Yu, W., Wan, Y., & Wu, Y. (2022). Dyslexia: A Bibliometric and Visualization Analysis. *Frontiers in Public Health*. [Frontiers | Dyslexia: A Bibliometric and Visualization Analysis \(frontiersin.org\)](#)
- Chung, H, K, K., Lo, J, C, M. & McBride, C. (2018). Cognitive-linguistic profiles of Chinese typical-functioning adolescent dyslexics and high-functioning dyslexics. *Annals of Dyslexia*, 229-250. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11881-018-0165-y>
- Collis, L, N., Kohonen, S. & Kinoshita, S. (2013). The role of visual spatial attention in adult developmental dyslexia. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(2), 245-260. <https://researchers.mq.edu.au/en/publications/the-role-of-visual-spatial-attention-in-adult-developmental-dysle>
- Corsi, P.M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain. Ph.D. thesis, ProQuest Information & Learning (1973). [Thesis | Human memory and the medial temporal region of the brain. | ID: 05741s554 | eScholarship@McGill](#)
- Dahm, S, F. & Draxler, C. (2023). Mental Paper Folding Revisited: The Involvement of Visual Action Imagery. *Psych*, 5(1), 14-25. <https://www.mdpi.com/2624-8611/5/1/2>
- Dannenberg, L., & Förster, J. (2010). GLOMO^{sys}: A systems Account of Global Versus Local Processing.
- Darling, S., Della Sala, S., & Logie, R. (2007). Behavioural evidence for separating components within visuo-spatial working memory. *Cognitive Processing*

Dedeic, M., Duranovic, M., & Gavric, M. (2014). Dyslexia and Visual-Spatial Talents. *Current Psychology*, 34(2).

De Jong, P.F., Spinelli, D., & Zoccolotti, P. (2016). Editorial: Understanding Developmental Dyslexia: Linking Perceptual and Cognitive Deficits to Reading Processes. *Frontiers in human Neuroscience*. [Editorial: Understanding Developmental Dyslexia: Linking Perceptual and Cognitive Deficits to Reading Processes - PubMed \(nih.gov\)](#)

De Bruin, N., Bryant, D.C., Gonzalez, L.R., & MacLean, J.N. (2016). Assessing Visuospatial Abilities in Healthy Aging: A Novel Visuomotor Task. *Frontiers in Aging Neuroscience*. [Assessing Visuospatial Abilities in Healthy Aging: A Novel Visuomotor Task - PMC \(nih.gov\)](#)

Diego-Balguer, Ruth De., & Lopez-Barroso, D. (2017). Language Learning Variability within the Dorsal and Ventral Streams as a Cue for Compensatory Mechanisms in Aphasia Recovery. *Frontiers in human Neuroscience*. [Frontiers | Language Learning Variability within the Dorsal and Ventral Streams as a Cue for Compensatory Mechanisms in Aphasia Recovery \(frontiersin.org\)](#)

Della Scala, S., Gray, C., Baddeley, A., Allamano, N., & Wilson, L. (1999). Pattern span: a tool for unwelding visuospatial memory. Elsevier. [Pattern span: a tool for unwelding visuo-spatial memory - ScienceDirect](#)

Duncan, E.A., & Fletcher-Watson, S. (2020). Beyond the Core-Deficit Hypothesis in Development Disorders. SAGE publications. [Beyond the Core-Deficit Hypothesis in Developmental Disorders \(sagepub.com\)](#)

Duranovic, M., Dedeic, M & Gavric, M. (2015). Dyslexia and visual-spatial talents. *Curr Psychol* 34, 207-222. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12144-014-9252-3>

Eden, G. F., VanMeter, J. W., Rumsey, J. M., Maisog, J. M., Woods, R. P., & Zeffiro, T. A. (1996). Abnormal processing of visual motion in dyslexia revealed by functional brain imaging. *Nature*, 382(6586), 66–69. <https://doi.org/10.1038/382066a0>

Erbeli, F., Peng, P., & Rice, M. (2021). No Evidence of Creative Benefit Accompanying Dyslexia: A Meta-Analysis. *Sage Journals*. [No Evidence of Creative Benefit Accompanying Dyslexia: A Meta-Analysis - Florina Erbeli, Peng Peng, Marianne Rice, 2022 \(sagepub.com\)](#)

Fan, H., Zhang, S., & Zhang, Y. (2021). The 100 Top-Cited Studies on Dyslexia Research: A Bibliometric Analysis. *Frontiers in Psychiatry*. [Frontiers | The 100 Top-Cited Studies on Dyslexia Research: A Bibliometric Analysis \(frontiersin.org\)](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.712345/full)

Feng, J., Pratt, J. & Spence I (2012). Attention and visuospatial working memory share the same processing resources. *Front. Psychol.*

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2012.00103/full>

Fischbach, A., Könen, T., Rietz, C. S., & Hasselhorn, M. (2014). What is not working in working memory of children with literacy disorders? Evidence from a three-year-longitudinal study. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 27(2), 267–286.

<https://doi.org/10.1007/s11145-013-9444-5>

Franceschini, S., Bertoni, S., Puccio, G., Gori, S., Termine, C., & Facoetti, A. (2022). Visuo-spatial attention deficit in children with reading difficulties. *Scientific reports*.

<https://doi.org/10.1038/s41598-022-16646-w>

French, L., Karolyi, C.V., Malinsky, D., & Winner, E. (2001). Dyslexia and Visual-Spatial Talents: Compensation vs Deficit Model. *Elsevier*, 76(2): 81-110. [Dyslexia and Visual-Spatial Talents: Compensation vs Deficit Model - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001002850100001)

Frith, U. (1999). Paradoxes in the definition of dyslexia. *Dyslexia*. [Paradoxes in the definition of dyslexia - Frith - 1999 - Dyslexia - Wiley Online Library](https://www.wiley.com/doi/10.1111/1469-7610.00103)

Frith, U., Hansen, P., Milne, E., Ramus, F., Rosen, S., Swettenham, J., & White, S. (2006). The role of sensorimotor impairments in dyslexia: a multiple case study of dyslexic children. *Developmental Science*. [The role of sensorimotor impairments in dyslexia: a multiple case study of dyslexic children - White - 2006 - Developmental Science - Wiley Online Library](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-7610.2006.01511.x)

Frost, S.J., Hancock, R., Hoeft, F., Kearns, D.M., & Pugh, K.R. (2019). The Neurobiology of Dyslexia. *Dyslexia*. [The Neurobiology of Dyslexia - Devin M. Kearns, Roeland Hancock, Fumiko Hoeft, Kenneth R. Pugh, Stephen J. Frost, 2019 \(sagepub.com\)](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/dys.12200)

Galaburda, A. M., Sherman, G. F., Rosen G, D., Aboitiz, F. & Geschwind, N. (1985). Developmental dyslexia: Four consecutive patients with cortical anomalies. *Ann Neurol*, 18(2), 222-233. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4037763/>

Galaburda, A. M. (2005). Dyslexia--A Molecular Disorder of Neuronal Migration: The 2004 Norman Geschwind Memorial Lecture. *Annals of Dyslexia*, 55(2), 151–165. [Dyslexia—A molecular disorder of neuronal migration | SpringerLink](#)

Giedd, J. N., Lalonde, F. M., Celano, M. J., White, S. L., Wallace, G. L., Lee, N. R., et al. (2009). Anatomical brain magnetic resonance imaging of typically developing children and adolescents. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry* 48, 465–470.

doi: 10.1097/CHI.0b013e31819f2715

Gilger, J. W., Allen, K., & Castillo, A. (2016). Reading disability and enhanced dynamic spatial reasoning: A review of the literature. *Brain and Cognition*, 105, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2016.03.005>

Giovagnoli, G., Menghini, D., Tomasetti, S., & Vicari, S. (2016). The Role of Visual-Spatial Abilities in Dyslexia: Age Differences in Children’s Reading?. *Frontiers in Psychology*. [Frontiers | The Role of Visual-Spatial Abilities in Dyslexia: Age Differences in Children’s Reading? \(frontiersin.org\)](#)

Glasauer, S., Amorim, M-A., Delmon I, V. & Berthoz, A. (2002). Differential effects of labyrinthine dysfunction on distance and direction during blindfolded walking of a triangular path. *Exp Brain Res*, 145(4), 489-497.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12172660/>

Goldstein-Marcusohn, Y., Goldfarb, L., & Shany, M. (2020). Global and Local Visual Processing in Rate/Accuracy Subtypes of Dyslexia. *Frontiers in Psychology*. [Frontiers | Global and Local Visual Processing in Rate/Accuracy Subtypes of Dyslexia \(frontiersin.org\)](#)

Goodale, M.A., & Milner, A.D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. Elsevier. [Separate visual pathways for perception and action - ScienceDirect](#)

Goswami, U., Swan, D. (1997). Phonological Awareness Deficits in Developmental Dyslexia and the Phonological Representations Hypothesis. Academic Press. [Phonological Awareness Deficits in Developmental Dyslexia and the Phonological Representations Hypothesis - ScienceDirect](#)

Gray, S., Fox, A.B., Green, S., Alt, M., Hogan, T.P., Petscher, Y., & Cowan, N. (2019). Working Memory Profiles of Children With Dyslexia, Developmental Language Disorder, or Both. JSLHR [Working Memory Profiles of Children With Dyslexia, Developmental Language Disorder, or Both - PubMed \(nih.gov\)](#)

Grey, W., Karolyi, C.V., Sherman, G.F., & Winner, E. (2003). Dyslexia linked to talent: global visual-spatial ability. Elsevier. [Dyslexia linked to talent: Global visual-spatial ability - ScienceDirect](#)

Godoy de Oliveira, D., Mecca, T. P., Morão, C. A., Botelho da Silva, P., & Coutinho de Macedo, E. (2014). Cognitive profiles on the WAIS-III intelligence test in Brazilian adults with dyslexia. *Psychology & Neuroscience*, 7(4), 551–557. <https://doi.org/10.3922/j.psns.2014.4.14>

Harrar, V., Tammam, J., Pérez-Bellido, A., Pitt, A., Stein, J., & Spence, C. (2014). Multisensory integration and attention in developmental dyslexia. *Current biology : CB*, 24(5), 531–535. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.01.029>

Harris, J., Hirsh-Pasek, K., & Newcombe, N. S. (2013). Understanding spatial transformations: Similarities and differences between mental rotation and mental folding. *Cognitive Processing*, 14(2), 105–115. <https://doi.org/10.1007/s10339-013-0544-6>

Hartanto, A., Majeed, N.M., & J.X. Tan, J. (2021). Developmental dyslexia and creativity: A meta-analysis. *Dyslexia*. [Developmental dyslexia and creativity: A meta-analysis - Majeed - 2021 - Dyslexia - Wiley Online Library](#)

Hegarty, M., Montello, D. R., Richardson, A. E., Ishikawa, T., & Lovelace, K. (2006). Spatial abilities at different scales: Individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning. *Intelligence*, 34(2), 151–176. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2005.09.005>

Heitz, R. P., & Engle, R. W. (2007). Focusing the spotlight: Individual differences in visual attention control. *Journal of Experimental Psychology, General* 136(2), 217–240. <https://psycnet.apa.org/record/2007-06470-004>

Helland, T. (2019). Språk og dysleksi (2. Utgave). Fagbokforlaget.

Hjelmesæth, J. (2014). Randomiserte, kontrollerte effekstudier rager høyest i hierarkiet når det gjelder studiedesign, men de har ofte lav generaliserbarhet. Burde de rives ned fra apidestallen? Randomiserte studier – nyttige for hvem?

<https://tidsskriftet.no/2014/10/leder/randomiserte-studier-nyttige-hvem>

Hinshelwood, J. (1917). *Congenital word-blindness*. Lewis.

Hin Yam Lam, J., & Xiuli Tong, S. (2021). Drawing a New Picture: Children with Developmental Dyslexia Exhibit Superior Nonverbal Creativity. Science Direct. [Drawing a New Picture: Children with Developmental Dyslexia Exhibit Superior Nonverbal Creativity - ScienceDirect](#)

Hirai, M., Muramatsu, Y., Mizuno, S., Kurahashi, N., Kurahashi, H. & Nakumara, M. (2013). Developmental changes in mental rotation ability and visual perspective-taking in children and adults with Williams syndrome, *From Hum neurosci*.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24376412/>

Ho, C, S, H., Chan, D, W, O., Tsang, S, M. & Lee, S, H (2002). The cognitive profile and multiple-deficit hypothesis in Chinese developmental dyslexia. *Dev Psychol*, 38(4), 543-553.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12090484/>

Horikami, A., & Takahashi, K. (2022). The Tripartite Thinking Model of Creativity. Elsevier. [The Tripartite Thinking Model of Creativity - ScienceDirect](#)

Horowitz-Kraus, Tzipi. (2016). The Role of Executive Functions in the Reading Process. Spring, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30478-6_4

Hu, W., Lee, L, H., Zhang, Q., Liu, T., Geng, L, B., Seghier, M, L., Shakeshaft, C., Twomey, T., Green, D, W., Yang, Y, M. & Price, C, J. (2010). Developmental dyslexia in Chinese and English populations: dissociating the effect of dyslexia from language differences. *Brain*, 169(4), 1706. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20488886/>

Hulme, C., Lyster, S.A., & Melby-Lervåg, M. (2012). Phonological skills and their role in learning to read: A meta-analytical review. *Psychological Bulletin*, 138(2), 322-352. <https://doi.org/10.1037/a0026744>

Hulme, C., Nation, K., & Snowling, M.J. (2020). Defining and understanding dyslexia: past, present and future. Routledge. [Full article: Defining and understanding dyslexia: past, present and future \(tandfonline.com\)](#)

Hyun, S.J., & Luck, S.J. (2007). Visual working memory as the substrate for mental rotation. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(1): 154-8. [Visual working memory as the substrate for mental rotation | JOV | ARVO Journals](#)

Høyen, T., & Lundberg, I. (2000). Dysleksi. Fra teori til praksis. Gyldendal Akademisk.

Johnston, R., Pitchford, N. J., Roach, N. W. & Ledgeway, T. (2017). Visual perception in dyslexia is limited by sub-optimal scale selection. *Sci Rep*.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5529585/>

Jordan, K., Wustenberg, T., Heinze, H. J., Peters, M. & Jancke, L. (2002). Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks, 40(13), 2397-2408.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12417468/>

Kate, C. (2010). *Reading Development and Difficulties*. BPS Blackwell.

Klinkenberg, J. E. (2017). Lesevansker: Oppsummering av ny forskning. *Psykologtidsskriftet* 09/2017.

Kotsopoulos, D., Floyd, L., Khan, S., Namukasa, I. K., Somanath, S., Weber, J., & Yiu, C. (2017). A pedagogical framework for computational thinking. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3(2), 154-171.

Kraus T, H. (2016). The Role of Executive Functions in the Reading Process. *Reading Fluency*, 51-63.

https://www.researchgate.net/publication/302973401_The_Role_of_Executive_Functions_in_the_Reading_Process

Kravitz D, J., Saleem K, S., Baker, C, I. & Mishkin, M. (2011). A new neural framework for visuospatial processing. *Nat Rev Neurosci*, 12(4), 217-230.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3388718/>

Kuerten, A.B., Mota, M.B., & Segaert, K. (2019). Developmental Dyslexia: A Condensed Review of Literature. [Developmental dyslexia: a condensed review of literature | Ilha do Desterro A Journal of English Language, Literatures in English and Cultural Studies \(ufsc.br\)](#)

Kupfer, D.J., Kuhl, E.A., & Regier, D.A. (2013). The DSM-5: Classification and criteria changes. *World Psychiatry*. [The DSM-5: Classification and criteria changes - PubMed \(nih.gov\)](#)

Kyttälä, M., & Lehto, J. E. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European Journal of Psychology of Education*, 23(1), 77–94. <https://psycnet.apa.org/record/2008-03671-005>

Lamber, S, G., Meredith, M, A. & Kral, A. (2011). Chapter 16 – Adaptive crossmodal plasticity in deaf auditory cortex: areal and laminar contributions to supranormal vision in the deaf. *Progress in Brain Research*, 191, 251-270.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444537522000011>

Lan Chan, W.W., & Wong, T.TY. (2019). Visuospatial pathways to mathematical achievement. Elsevier. [Visuospatial pathways to mathematical achievement - ScienceDirect](#)

Lauer, J.E., Udelson, H.B., Jeon, S.O., & Lourenco, S.F. (2015). An early sex difference in the relation between mental rotation and object preference. *Frontiers in Psychology*. [Frontiers | An early sex difference in the relation between mental rotation and object preference \(frontiersin.org\)](#)

Lawton, T. (2016). Improving Dorsal Stream Function in Dyslexics by Training Figure/Ground Motion Discrimination Improves Attention, Reading Fluency, and Working Memory. *Frontiers in Human Neuroscience*. [Frontiers | Improving Dorsal Stream Function in Dyslexics by Training Figure/Ground Motion Discrimination Improves Attention, Reading Fluency, and Working Memory \(frontiersin.org\)](#)

Leppänen, U., Niemi, P., Aunola, K., & Nurmi, J.-E. (2006). Development of Reading and Spelling Finnish From Preschool to Grade 1 and Grade 2. *Scientific Studies of Reading*, 10(1), 3–30. <https://psycnet.apa.org/record/2006-00527-002>

Lieberman, A. M. (1992). The relation of speech to reading and writing. In R. Frost & L. Katz (Eds.), *Orthography, phonology, morphology, and meaning* (pp. 167–178). North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62794-6](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62794-6)

Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56(6), 1479–1498.

<https://psycnet.apa.org/record/1986-08757-001>

Linnea, C.E., Simone, R.N., Steven, A.S., & Willows, D.M. (2001). Systematic Phonics Instruction Helps Students Learn to Read: Evidence from the National Reading Panel’s Meta-Analysis. Sage Journals. [Systematic Phonics Instruction Helps Students Learn to Read: Evidence from the National Reading Panel’s Meta-Analysis - Linnea C. Ehri, Simone R. Nunes, Steven A. Stahl, Dale M. Willows, 2001 \(sagepub.com\)](#)

Liu, Z., Li, J., Bi, H, Y., Xu, M & Yang, Y. (2022). Disruption of Functional Brain Networks Underlies the Handwriting Deficit in Children With Development Dyslexia.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9339653/>

Lomber, S.G., Meredith, M.A., & Kral, A. (2011). Chapter 16 – Adaptive crossmodal plasticity in deaf auditory cortex: areal and laminar contributions to supranormal vision in the deaf. Elsevier. [Adaptive crossmodal plasticity in deaf auditory cortex: areal and laminar contributions to supranormal vision in the deaf - ScienceDirect](#)

Lovergrove, W.J., Garzia, R.P, & Nicholson, S.B. (1990). Experimental evidence for a transient system deficit in specific reading disability. *Journal of the American Optometric Association*.

Lovett M. W., Steinbach K. A., Frijters J. C. (2000). Remediating the core deficits of developmental reading disability A double-deficit perspective. *J. Learn. Disabil.* 33 334–358.

10.1177/002221940003300406 [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4976098/>

Martinelli, V. & Schembri, J. (2015). Dyslexia and Visuospatial Ability in Maltese Male Adolescents. *Journal of Educational and Social Research*, 5(3).

<https://www.richtmann.org/journal/index.php/jesr/article/view/7705>

Mccormack, A, J. (2017). Developing Visual/Spatial Thinking in Science Education. *Science Education*, 143-156.

https://www.researchgate.net/publication/312014550_Developing_VisualSpatial_Thinking_in_Science_Education

McManus, M., & Harris, L. R. (2021). When gravity is not where it should be: How perceived orientation affects visual self-motion processing. *PloS one*.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243381>

Melby-Lervåg, M., & Snowling, M.J. (2016). Oral Language Deficits in Familial Dyslexia: A Meta-Analysis and Review. *Psychological Bulletin*, 142(5), 498-545. [APA PsycNet](#)

[FullTextHTML page](#)

Meld. St. 6 (2019-2020). Tett på – tidlig innsats og inkluderende felleskap i barnehage, skole og SFO. Kunnskapsdepartementet. [Meld. St. 6 \(2019–2020\) - regjeringen.no](#)

Mersin, Y. & Cebi, M. (2021). An in-depth examination of visuospatial functions in a group of Turkish children with dyslexia. [https://www.semanticscholar.org/paper/An-in-depth-examination-of-visuospatial-functions-a-Mersin-](https://www.semanticscholar.org/paper/An-in-depth-examination-of-visuospatial-functions-a-Mersin-%C3%87ebi/46b115ce70ebb6422f41c049b6638c25610d1990)

[%C3%87ebi/46b115ce70ebb6422f41c049b6638c25610d1990](https://www.semanticscholar.org/paper/An-in-depth-examination-of-visuospatial-functions-a-Mersin-%C3%87ebi/46b115ce70ebb6422f41c049b6638c25610d1990)

Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man - *British Medical Bulletin*, 27 (3) (1971), pp. 272-277 [INTERHEMISPHERIC](#)

[DIFFERENCES IN THE LOCALIZATION OF PSYCHOLOGICAL PROCESSES IN MAN](#)

[| British Medical Bulletin | Oxford Academic \(oup.com\)](#)

Mitolo, M., Gardini, S., Caffara, P., Ronconi, L., Venneri, A., & Pazzaglia, F. (2015).

Relationship between spatial ability, visuospatial working memory and self-assessed spatial orientation ability: a study in older adult. *Cognitive Process*. [https://doi.org/10.1007/s10339-](https://doi.org/10.1007/s10339-015-0647-3)

[015-0647-3](https://doi.org/10.1007/s10339-015-0647-3)

Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of experimental psychology. General*, 130(4), 621–640.

<https://doi.org/10.1037//0096-3445.130.4.621>

Morgan, W.P. (1896). A Case of Congenital Word Blindness. *British Medical Journal*. [A Case of Congenital Word Blindness - PMC \(nih.gov\)](#)

Nicholson, R.I., & Fawcett, A.J. (2008). *Dyslexia, learning and the brain*. MIT Press. [Chooser \(crossref.org\)](#)

Nikolopoulos, D., Goulandris, N., Hulme, C., & Snowling, M. J. (2006). The cognitive bases of learning to read and spell in Greek: Evidence from a longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, *94*(1), 1–17. <https://psycnet.apa.org/record/2006-05142-001>

Olson, R. K., Rack, J. P., & Snowling, M. J. (1992). The nonword reading deficit in developmental dyslexia: A review. *Reading Research Quarterly*, *27*(1), 28–53. <https://doi.org/10.2307/747832>

Pennington, B.F., & Peterson, R.L. (2015). Developmental Dyslexia. *Annual Reviews*. [Developmental Dyslexia | Annual Review of Clinical Psychology \(annualreviews.org\)](#)

Peters, M, D, J., Marnie, C., Tricco, A, C., Pollock, D., Munn, Z., Alexander, L., McInerney, P., Godfrey, C, M. & Khalil, H. (2020). Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBI Evid Synth*, *18*(10), 2119-2126. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33038124/>

Peters, J. L., De Losa, L., Bavin, E. L., & Crewther, S. G. (2019). Efficacy of dynamic visuo-attentional interventions for reading in dyslexic and neurotypical children: A systematic review. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, *100*, 58–76. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.02.015>

Pickering, S. J. (2006). Working memory in dyslexia. In T. P. Alloway & S. E. Gathercole (Eds.), *Working memory and neurodevelopmental disorders* (pp. 7–40). Psychology Press.

Podzbenko, K., Egan, G, F. & Watson, J, D, G. (2002). Widespread Dorsal Stream Activation during a Parametric Mental Rotation Task, Revealed with Functional Magnetic Resonance Imaging. *NeuroImage*, *15*(3), 547-558.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1053811901909991>

Powell, D., & Atkinson, L. (2021). Unraveling the links between rapid automatized naming (RAN), phonological awareness, and reading. *Journal of Educational Psychology*, 113(4), 706–718. <https://psycnet.apa.org/record/2020-62984-001>

Protopapas, A., & Parilla, R. (2018). Is Dyslexia a Brain Disorder? MDPI. [Brain Sciences | Free Full-Text | Is Dyslexia a Brain Disorder? \(mdpi.com\)](#)

Rusiak, P., Lachmann, T., Jaskowski, P. & Leeuwen, C, V. (2007). Mental rotation of letters and shapes in developmental dyslexia. *Perception*, 36(4), 617-631.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17564205/>

Schneps, M, H., Brockmole, J, R., Sonnert, G. & Pomplun, M. (2012). History of Reading Struggles Linked to Enhanced Learning in Low Spatial Frequency Scenes. *PloS ONE* 7(4).

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0035724>

Serrano C, V., Francisco, C, D., Coto, M, V.& Caracuel, A. (2022). Visuospatial working memory and attention control make the difference between experts, regulars and non-players of the videogame League of Legends. *Front. Hum. Neurosci.*

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35937676/>

Shah, P., & Miyake, A (edited). (2012). *THE CAMBRIDGE HANDBOOK OF Visuospatial Thinking*. Cambridge University Press.

Share, D.L. (2021). Common Misconceptions about the Phonological Deficit Theory of Dyslexia. *Brain Sciences*. [Brain Sciences | Free Full-Text | Common Misconceptions about the Phonological Deficit Theory of Dyslexia \(mdpi.com\)](#)

Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171(3972), 701–703. <https://doi.org/10.1126/science.171.3972.701>

Sheth, B.R., & Young, R. (2016). Two Visual Pathways in Primates Based on Sampling of Space: Exploitation and Exploration of Visual Information. *Frontiers in Integrative Neuroscience*. [Frontiers | Two Visual Pathways in Primates Based on Sampling of Space: Exploitation and Exploration of Visual Information \(frontiersin.org\)](#)

Siok, T. W., Niu, Z., Jin, Z., Perfetti, C. A & Tan, L. H. (2008). A structural-functional basis for dyslexia in the cortex of Chinese readers. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 105(14), 5561-5566. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18391194/>

Snowling, M. (1987). *Dyslexia: A cognitive developmental perspective*. Basil Blackwell.

Snowling, M. J. & Melby-Lervåg, M. (2016). Oral language deficits in familial dyslexia: A meta-analysis and review. *Psychological Bulletin*, 142(5), 498–545.

Smith, E.J. (2006). The Strength-Based Counseling Model. Sage Journals. [The Strength-Based Counseling Model - Elsie J. Smith, 2006 \(sagepub.com\)](#)

Snowling, M. (1998). Dyslexia as a phonological deficit: Evidence and implications. *Child Psychology & Psychiatry Review*, 3(1), 4–11. <https://doi.org/10.1017/S1360641797001366>

Stanovich, K. E. (1988). Explaining the differences between the dyslexic and the garden-variety poor reader: The phonological-core variable-difference model. *Journal of Learning Disabilities*, 21(10), 590–604, 612. <https://doi.org/10.1177/002221948802101003>

Stein, J. (2001). The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*. [The magnocellular theory of developmental dyslexia - Stein - 2001 - Dyslexia - Wiley Online Library](#)

Stein, J.F. (2017). Does dyslexia exist? *Language Cognition and Neuroscience*, 33(2): 1-8. [Does dyslexia exist?: Language, Cognition and Neuroscience: Vol 33, No 3 \(tandfonline.com\)](#)

Stein, J. (2019). The current status of the magnocellular theory of developmental dyslexia. Elsevier. [The current status of the magnocellular theory of developmental dyslexia - ScienceDirect](#)

Swan, D., & Goswami, U. (1997). Phonological Awareness Deficits in Developmental Dyslexia and the Phonological Representations Hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 66, 18-41.

Taffalini, E. (2017). Einstein and dyslexia: Is giftedness more frequent in children with a specific learning disorder than in typically developing children? Volume 62, pages 175-179.

[Einstein and dyslexia: Is giftedness more frequent in children with a specific learning disorder than in typically developing children? - ScienceDirect](#)

Thurstone, L.L. (1950). Some Primary Abilities in Visual Thinking. American Philosophical Society. [Some Primary Abilities in Visual Thinking on JSTOR](#)

Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>

Valdois, S., Lassus-Sangosse, D., & Lobier, M. (2012). The visual nature of the visual attention span disorder in developmental dyslexia. In J. Stein & Z. Kapoula (Eds.), *Visual aspects of dyslexia* (pp. 111–121). Oxford University Press.

<https://psycnet.apa.org/record/2012-29676-007>

Vidyasagar T. R. (2001). From attentional gating in macaque primary visual cortex to dyslexia in humans. *Prog. Brain Res.* 134, 297–312. 10.1016/S0079-6123(01)34020-7

Vidyasagar, T. R., & Pammer, K. (2010). Dyslexia: a deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. *Trends Cogn Sci*, 14 (2), 57-63.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20080053/>

Wang, L. C. & Yang, H. M. (2011). The comparison of the visuo-spatial abilities of dyslexic and normal students in Taiwan and Hong Kong. *Research in Developmental Disabilities*, 32(3), 1052-1057.

https://www.researchgate.net/publication/49849103_The_comparison_of_the_visuo-spatial_abilities_of_dyslexic_and_normal_students_in_Taiwan_and_Hong_Kong

Wang, L., Bolin, J., Lu, Z., & Carr, M. (2018). Visuospatial Working Memory Mediates the Relationship Between Executive Functioning and Spatial Ability. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02302>

Welsh M. C., Pennington B. F., Groisser D. B. (1991). A normative-developmental study of executive function: a window on prefrontal function in children. *Dev. Neuropsychol.* 7, 131–149 10.1080/87565649109540483

<https://www.akademika.no/medisin-helse-og-psykologi/psykologi/eksekutive-funksjoner-hos-barn-og-unge/9788283600025>

Westerberg, H., & Klingberg, T. (2007). Changes in cortical activity after training of working memory--a single-subject analysis. *Physiology & behavior*, 92(1-2), 186–192.

<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.05.041>

Whitwell, R.L., & Milner, A.D., & Goodale, M.A. (2014). The Two Visual Systems Hypothesis: New Challenges and Insights from Visual form Agnostic Patient DF. *Frontiers in Neurology*. [Frontiers | The Two Visual Systems Hypothesis: New Challenges and Insights from Visual form Agnostic Patient DF \(frontiersin.org\)](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnol.2014.00011/full)

Wolf, M., & Bowers, P.G. (1999). The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexias. *Journal of Educational Psychology*, 91(3), 415-438. [The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexias. \(apa.org\)](https://doi.org/10.1037/0022-0618.91.3.415)

Zachariou, V., Klatzky, R., & Behrmann, M. (2014). Ventral and Dorsal Visual Stream Contributions to the Perception of Object Shape and Object Location. *Journal of Cognitive Neuroscience*.

Zachary, M., Peters, M, D, J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*.

<https://bmcmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12874-018-0611-x>

Vedlegg: Søkestrategi

Database: Google Scholar

Dato: 11-15 mars 2023

	Søkeord	Antall studier
Første søkeord	Dyslexia AND visuospatial ability	17 900
Etter avgrensing: - Fagfellevurderte		10 800

- Årstall: 2012-2023		
Andre søkeord	DYS* AND (Visual OR Spatial) AND Skills	190 000
Etter avgrensing:		24 900

Database: Oria

Dato: 11-21 mars 2023

# 1	Dyslexia AND visuospatial ability	3288
Etter avgrensing:		2062
- Fagfelleverderte		
- Fulltekst		
- Årstall: 2012-2023		
# 2	DYS* AND (Visual OR Spatial) AND Skills	21 604
Etter avgrensing:		9936

Database: Wiley online

Dato: 11-13 mars 2023

# 1	Dyslexia AND visuospatial ability	774
Etter avgrensing:		334
# 2	DYS* AND (Visual OR Spatial) AND Skills	12 496
Etter avgrensing:		4812

Database: Scopus

Dato: 17-19 mars 2023

# 1	Dyslexia AND visuospatial ability	1597
Etter avgrensing:		706
# 2	DYS* AND (Visual OR Spatial) AND Skills	6031
Etter avgrensing:		1831

Database: ERIC

18. mars 2023

# 1	Dyslexia AND visuospatial ability	20
Etter avgrensing:		6
# 2	DYS* AND (Visual OR Spatial) AND Skills	252
Etter avgrensing:		65

Database: PUBMED

18. mars 2023

# 1	Dyslexia AND visuospatial ability	76
Etter avgrensing: - Fagfelleverderte - Fulltekst - Årstall: 2012-2023 Ekskludert: bøker og dokumenter		38
# 2	DYS* AND (Visual OR Spatial) AND Skills	678
Etter avgrensing:		307