



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione

Corso di laurea in Psicologia dello Sviluppo e dell'Educazione

Tesi di laurea magistrale

## **L'influenza del rumore sulla prestazione scolastica dei bambini di scuola primaria**

Effects of noise on the academic performance of elementary school children

Relatrice: Prof.ssa Barbara Arfé

Correlatrice: Dott.ssa Gaia Spicciarelli

Laureanda: Krizia Roghi

Matricola: 2016685

Anno Accademico 2021/2022

## INDICE

<b>INTRODUZIONE</b> .....	1
<b>CAPITOLO 1 – IL RUMORE</b> .....	3
<b>1.1 Definizione del rumore</b> .....	3
<b>1.2 Effetti del rumore ambientale in bambini in età scolastica</b> .....	5
1.2.1 Effetti sulla salute.....	5
<b>1.2 Rumore nelle scuole</b> .....	8
1.2.1 Importanza dell'intelligibilità del parlato nelle classi.....	10
1.2.2 Effetti delle mascherine sull'intelligibilità del parlato.....	14
<b>2.1 Effetti dell'esposizione al rumore sulle prestazioni scolastiche</b> .....	16
2.1.1 Effetti sulle capacità di lettura.....	18
2.1.2 Effetti sulle competenze matematiche .....	21
<b>2.2 Effetti dell'esposizione al rumore sulle funzioni esecutive (memoria, attenzione, inibizione)</b> .....	25
<b>2.2 Effetti dell'esposizione al rumore sulla motivazione</b> .....	30
<b>CAPITOLO 3 –LA RICERCA</b> .....	33
<b>3.1 Scopo della tesi</b> .....	33
<b>3.2 Partecipanti</b> .....	34
<b>3.3 Procedura e strumenti</b> .....	35
<b>3.4 Prove cognitive con l'App CoEN</b> .....	36
3.4.1 Digit span diretto e inverso .....	39
3.4.2 Reading span test .....	40
3.4.3 Test di attenzione visiva sostenuta.....	42
3.4.4 Test di inibizione .....	45
<b>3.5 Prove carta matita</b> .....	47
3.5.1 Comprensione del testo.....	47

<b>3.5.2 Generazione spontanea di frasi</b> .....	48
<b>3.6 Questionari self-report</b> .....	48
<b>3.7 Risultati</b> .....	50
<b>3.7.1 Risultati ai test cognitivi (App CoEN)</b> .....	51
<b>3.7.2 Risultati questionario self report</b> .....	54
<b>CAPITOLO 4 – DISCUSSIONE</b> .....	58
<b>4.1 Discussione dei risultati</b> .....	58
<b>4.2 Limiti e punti di forza</b> .....	60
<b>4.3 Ricadute pratiche</b> .....	61
<b>4.4 Conclusioni</b> .....	62
<b>Bibliografia</b> .....	63



## **INTRODUZIONE**

Sono ormai ben noti gli effetti che un ambiente acustico sfavorevole può provocare sulla salute, come l'aumento dei livelli di stress e dei disturbi del sonno, l'innalzamento della pressione sanguigna, l'insorgenza di acufeni e la conseguente perdita dell'udito.

Ancora poco note, invece sono le conseguenze del rumore sulle capacità cognitive e motivazionali dei bambini, i quali sono quotidianamente esposti al rumore anche durante i momenti di apprendimento. Ricerche hanno dimostrato, infatti, che negli ambienti scolastici italiani spesso non sono rispettati gli standard necessari a garantire ambienti di apprendimento acusticamente favorevoli. Ambienti rumorosi richiedono un maggiore impiego di risorse cognitive per riuscire a mantenere la concentrazione nell'esecuzione di un compito, oltre ad influire sull'intelligibilità del parlato. È stato dimostrato infatti, come l'affaticamento cognitivo dovuto a condizioni acustiche sfavorevoli influisca negativamente sulle funzioni esecutive, in particolare su memoria di lavoro, attenzione e inibizione e, di conseguenza, sugli apprendimenti.

Il presente studio vuole indagare se i bambini di scuola primaria, durante lo svolgimento di compiti cognitivi in condizione di rumore, presentino un affaticamento cognitivo maggiore rispetto all'esecuzione degli stessi compiti in condizioni acustiche ottimali. A tale scopo è stata utilizzata l'app CoEN (acronimo per "Cognitive Effort Noise"), somministrata ai bambini in due diverse condizioni: quiete e rumore (riprodotto tramite un altoparlante). L'applicazione propone una serie di test neuropsicologici. Ai bambini inoltre sono state somministrate delle prove di apprendimento e un questionario self-report.

Dai risultati ottenuti emerge una differenza significativa tra le due condizioni acustiche soltanto nei compiti di attenzione ma non si può escludere che questo studio non abbia

potuto evidenziare l'impatto del rumore su altre funzioni dato il limitato potere statistico del campione

# CAPITOLO 1 – IL RUMORE

## 1.1 Definizione del rumore

Il suono è il mezzo principale di connessione e comunicazione dell'uomo attraverso la parola e la musica. Ciò che ci fornisce l'accesso al mondo acustico è l'udito il quale permette non solo la comunicazione ma anche la localizzazione di possibili fonti di pericolo. La nostra capacità di rilevare, localizzare e identificare i suoni dipende dall'attività dei timpani, i quali si muovono avanti e indietro con piccoli e rapidi cambiamenti nella pressione dell'aria, fornendoci una misura continua del cambiamento nella pressione sonora in due punti dello spazio, a circa 20 cm di distanza, su entrambi i lati della testa: le orecchie (Basner et al., 2014; Berglund et al., 1999).

I suoni raramente sono presenti isolatamente: l'onda acustica che raggiunge il nostro orecchio è spesso la miscela di molte sorgenti sonore. Tutto ciò che raggiunge ogni timpano è una singola onda acustica, eppure, nella maggior parte dei casi, siamo in grado di estrarre informazioni sufficienti per identificare le diverse sorgenti sonore e dirigere la nostra attenzione su quelle che attualmente ci interessano (Oxenham, 2018). Il suono è quindi la sensazione data dalla vibrazione di un corpo in oscillazione che provoca delle variazioni di pressione che si trasmettono nell'aria o in un altro mezzo elastico. Esso è caratterizzato da alcune grandezze fondamentali, quali: la frequenza dell'onda, la lunghezza, l'ampiezza e la velocità di propagazione del mezzo attraversato. Poiché la gamma di pressioni sonore che gli ascoltatori umani possono rilevare è molto ampia, questi livelli sonori vengono misurati su una scala logaritmica con unità il decibel (Berglund et al., 1999).

Fisicamente, non c'è distinzione tra suono e rumore. Il suono è una percezione sensoriale e il complesso schema delle onde sonore è etichettato come rumore, musica, parlato, etc. Dunque, non è possibile definire il rumore esclusivamente sulla base dei parametri fisici

del suono. Esso, infatti, è più comunemente definito come suono indesiderato, il quale in alcuni casi può avere degli effetti negativi sulla salute (Berglund et al., 1999).

A seconda delle specifiche modalità di emissione, il rumore, può essere definito come: stazionario (con fluttuazioni trascurabili nel livello di pressione sonora) o non stazionario (con fluttuazioni sensibili nel livello di pressione sonora); continuo (intervallato da pause di durata trascurabile) o discontinuo (intervallato da pause di durata non trascurabile); aleatorio o causale (se presenta irregolarità completa nei livelli e nei tempi di emissione); impulsivo (se è costituito da uno o più impulsi di energia sonora di durata inferiore ad un secondo) (Mesaros et al., 2016).

Il rumore viene individuato, in molti sondaggi, come una delle cause responsabili di un peggioramento della vita ed è ormai riconosciuto come uno dei principali problemi ambientali (ANPA, 2000). L'esposizione al rumore, infatti, soprattutto se prolungata, costituisce un rischio per la salute. Numerose prove scientifiche dimostrano come tale esposizione possa indurre problemi di udito, cardiopatia ischemica, ipertensione, disturbi del sonno e riduzione delle prestazioni scolastiche. (Passchier & Passchier, 2000).

Ad oggi sappiamo che l'esposizione al rumore è in aumento, sia nei paesi industrializzati che in quelli in via di sviluppo. Le varie fonti di rumore che possono influenzare una comunità sono: le industrie con macchinari di ogni tipo che provocano rumori intensi sia all'interno che all'esterno delle strutture; il traffico stradale, ferroviario e aereo, i quali rappresentano la principale fonte di inquinamento acustico ambientale; le aree di costruzione edilizia con rumori provenienti da macchinari per costruzioni e scavi come betoniere, gru, saldatori etc.; aree residenziali e ricreative dove il rumore può provenire da dispositivi meccanici, voci, musica e altri tipi di suoni generati dai vicini (Berglund et al., 1999)



## **1.2 Effetti del rumore ambientale in bambini in età scolastica**

Il rumore è una fonte di stress pervasiva e influente. Sia che si tratti degli effetti acuti del rumore impulsivo o dell'influenza cronica di un'esposizione prolungata, il rumore rappresenta una sfida per coloro che vivono, lavorano o vanno a scuola in zone molto rumorose. (Szalma et al., 2011).

Il rumore influisce negativamente sulle capacità uditive delle persone. Infatti, a seconda del livello e della durata di esposizione, il rumore può causare un certo grado di perdita uditiva. Inoltre, studi hanno riscontrato un'associazione tra esposizione al rumore e un peggioramento della salute fisica, a discapito soprattutto del sistema cardiocircolatorio (ipertensione, malattie cardiovascolari e ictus). Infine, ricerche hanno dimostrato come l'esposizione al rumore abbia delle ricadute importanti anche sulla salute mentale degli individui, tra cui un maggiore stress emotivo, e aumento di disturbi del sonno, disturbi psicosomatici e dei tassi di ricovero in ospedali psichiatrici (Lim et al., 2018).

Studi su bambini e adolescenti hanno riportato che anche sui bambini il rumore ambientale ha un impatto negativo. Essi infatti, sono particolarmente vulnerabili trovandosi ancora in una fase di sviluppo e avendo funzioni cognitive, come linguaggio e cognizione numerica, meno automatizzate rispetto agli adulti e quindi più sensibili agli effetti del rumore (Klatte et al., 2013).

### **1.2.1 Effetti sulla salute**

L'esposizione al rumore ambientale, come il rumore del traffico stradale e degli aerei, è associata ad una serie di effetti sulla salute dei bambini. Ad oggi però non è ancora certo se sia il tempo di esposizione prolungato, il numero di eventi o il livello di pressione

sonora di picco degli eventi chiave, ad essere più importante per gli effetti sulla salute umana. (Stephen et. al., 2015).

Negli adulti l'esposizione al rumore influisce sui livelli di stress portando ad un aumento dell'eccitazione fisiologica attraverso la stimolazione ripetuta del sistema endocrino e del sistema nervoso autonomo. In molti si sono dunque chiesti se nei bambini avvenga lo stesso. Studi longitudinali mostrano come nei bambini si registrino livelli di adrenalina e noradrenalina aumentati in relazione all'esposizione al rumore, in particolare quello del traffico aereo (Evans et al., 1995).

Un'altra conseguenza per la salute dovuta all'esposizione al rumore è l'innalzamento della pressione sanguigna. Numerosi studi hanno riscontrato un'associazione, seppur piccola, tra l'esposizione al traffico stradale e l'aumento della pressione sanguigna dei bambini. (Paunović et al., 2011). Inoltre, l'aumento della pressione arteriosa sistolica è stata osservata anche in associazione ad un numero crescente di anni di residenza in un quartiere rumoroso (Kawada, 2004). Un ulteriore studio ha mostrato come i bambini le cui camere si affacciavano su una strada poco trafficata avessero livelli di pressione sanguigna più bassi rispetto a bambini le cui camere affacciavano su una strada molto trafficata (Stephen et al., 2015).

Anche se le associazioni tra aumento della pressione sanguigna ed esposizione al rumore dimostrate sono piccole, sono comunque un fenomeno importante da tenere sotto controllo date le possibili conseguenze che potrebbe avere (Stephen et al., 2015).

I disturbi del sonno possono essere un'ulteriore conseguenza dovuta all'esposizione al rumore ambientale. Uno studio condotto su bambini di 12 anni ha riscontrato una relazione, seppur moderata, tra l'esposizione al rumore del traffico stradale durante la notte, e una scarsa qualità del sonno con problemi di sonnolenza durante il giorno, ma nessuna associazione significativa con la difficoltà ad addormentarsi (Stephen et al.,

2015) . Questo dato è molto importante in quanto i disturbi del sonno prolungati nei bambini possono provocare stanchezza, difficoltà di concentrazione, maggiore irritabilità e ridotta tolleranza alla frustrazione (Stephen et al., 2015).

A subire gli effetti dell'esposizione al rumore è anche il benessere psicologico dei bambini. In uno studio sulla salute dei bambini che abitavano vicini ad aeroporti, è stata trovata un'associazione tra i livelli di esposizione al rumore e l'aumento dei punteggi sulla sottoscala di iperattività misurata sull'SDQ. Queste analisi sono state replicate nello studio RANCH (Clark et al., 2006) su un campione di 2844 bambini di età compresa tra i 9 e i 10 anni, risidenti vicino ad aeroporti nei Paesi Bassi, in Spagna e nel Regno Unito. I risultati di questo studio non hanno mostrato effetti complessivi del rumore degli aerei e del traffico stradale sulla salute mentale dei bambini, misurata dall' SQD, ma è stata trovata una piccola associazione con un aumento dei punteggi nella sottoscala dell'iperattività come nel precedente studio. Questi risultati mostrano come il meccanismo attraverso il quale l'esposizione al rumore potrebbe influenzare l'iperattività meriti un'ulteriore attenzione ( Stansfeld & Clark, 2015). Un ulteriore studio condotto in Corea del Sud ha mostrato come il rumore e la sensibilità al rumore siano associati negativamente alla salute mentale dei bambini soprattutto se a basso reddito, aumentando la probabilità di sviluppare problemi comportamentali esternalizzanti e internalizzanti (Lim et al., 2018).

Oltre a tutti gli effetti non uditivi elencati fino ad ora, una massiccia e prolungata esposizione al rumore può causare anche effetti uditivi come acufeni e perdita dell'udito causata dal rumore (Samuel et al., 1965). L'acufene è un disturbo a carico dell'orecchio che consiste nella percezione di un suono (es. fischi, ronzii, stridii) in assenza di un reale stimolo acustico. Quando è frequente o continuo diventa per il soggetto una fonte di stress non indifferente, e ciò ha una ricaduta sulle capacità di concentrazione dell'individuo e

quindi anche sulle attività quotidiane come studiare, lavorare, dormire (Gupta et al., 2018).

La perdita dell'udito causata dal rumore (Noise Induced Hearing Loss - NIHL) è dovuta ad un danno alle cellule ciliate nell'orecchio interno o alle vie nervose che portano dall'orecchio interno al cervello. La NIHL è di origine traumatica (perché conseguente all'esposizione acuta a rumori forti) e può essere temporanea o permanente: nel caso in cui sia temporanea può essere dovuta ad un'esposizione molto forte ma breve es. il motore di un aeroplano, un'esplosione o uno sparo oppure ad un'esposizione forte ma prolungata per alcune ore es. dopo una serata in discoteca o ad un concerto. In questo caso la perdita dell'udito è su un'ampia gamma di frequenza, ma il recupero avviene generalmente in poche ore o in una settimana. Invece nel caso in cui la NIHL sia permanente può essere dovuto a un'unica esposizione a suoni superiori a 120 dB(A) o all'esposizione costante a suoni superiori a 85 dB(A): ciò è frequente nei musicisti o in soggetti che lavorano nell'ambito musicale, nelle forze armate durante le esercitazioni al tiro al piattello, nei lavoratori delle fabbriche- tutti da intendersi senza protezioni acustiche adeguate. Un'esposizione di questo genere può portare ad una perdita dell'udito irreversibile e permanente (Gupta et al., 2018)

## **1.2 Rumore nelle scuole**

I bambini sono esposti a numerose fonti di rumore anche all'interno degli ambienti scolastici. Le scuole possono infatti essere esposte a livelli elevati di rumore soprattutto se collocate nelle aree urbane (Shield & Dockrell, 2008).

Il rumore nelle aule scolastiche è costituito sia dal rumore proveniente dall'esterno (come ad esempio il rumore degli impianti industriali, dei cantieri di costruzione edile, delle persone fuori dalle scuole, dai mezzi di trasporto -soprattutto se la scuola si trova in

un'area urbana- dal rumore della pioggia che cade sui tetti delle scuole) che da quelli provenienti dall'interno delle scuole che include: il rumore delle apparecchiature didattiche (computer, proiettori, etc.), degli impianti ( il sistema di ventilazione e di riscaldamento), e il rumore generato dagli stessi alunni mentre prendono parte alle attività in classe. (Shield & Dockrell, 2003).

Il livello di rumore all'interno delle aule può variare in base a diversi fattori. Si potrebbe pensare che alti livelli di rumore esterno possano portare ad alti livelli di rumore interno alla classe essendo il primo una fonte di distrazione ma in realtà alcuni studi hanno dimostrato come il rumore interno è influenzato da quello esterno solo quando gli alunni sono impegnati in attività silenziose ( Shield et al., 2004).

Alcuni studi hanno evidenziato una relazione tra i livelli di rumore all'interno delle classi e l'età dei bambini ma i risultati sono contrastanti: se alcune ricerche hanno riscontrato che con l'aumentare dell'età diminuisce il livello di rumore altre non hanno confermato questi risultati (Shield et al., 2003). È stata riscontrata però una correlazione tra i livelli di rumore nelle classi primarie e il numero di bambini nella classe: questo implica che la sola presenza, anche silenziosa, di un gran numero di studenti comporta un aumento dei livelli di rumore nella classe. Anche l'esperienza professionale dell'insegnante ha effetti sul livello di rumore all'interno delle classi in quanto in classi con insegnanti più esperti sono stati registrati livelli più bassi di rumore (Shield & Dockrell, 2003).

Da alcune indagini è stato stimato che in media il livello di esposizione al rumore di un bambino in una scuola primaria è di 72 dB (A) mentre le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità stabiliscono che i livelli massimi di rumore di fondo in aula devono essere di 35 dB (A) (basandosi sull'ipotesi che il livello di voce di un insegnante a distanza di 1m sia tipicamente di 55 dB) (Kamal et al., 2010; B. M. Shield & Dockrell, 2008) : oltre a questo limite, il rumore inizia ad interferire con la voce degli insegnanti, che sono

costretti ad alzare la voce per farsi capire dagli alunni, e a lungo andare ciò porta una maggiore probabilità di insorgenza di disturbo della voce (Nadalin et al., 2011).

È generalmente accettato che il rumore abbia un effetto dannoso sullo sviluppo cognitivo dei bambini delle scuole primarie. Due importanti revisioni degli anni '90 hanno concluso che l'esposizione cronica al rumore ha un effetto negativo soprattutto su memoria, capacità di lettura e motivazione dei bambini (Hétu et al., 1990). Questi effetti sembrano essere a lungo termine: anche quando la fonte di rumore non è più presente -dopo la chiusura degli aeroporti - sono stati necessari diversi anni perché cessassero gli effetti dannosi dell'esposizione al rumore suggerendo che il rumore riduca le traiettorie di apprendimento degli alunni coinvolti.(Shield & Dockrell, 2003).

Negli ultimi decenni c'è stato un considerevole interesse per la progettazione acustica delle aule. In America nel 2002 è stato pubblicato l'“Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools” il quale fornisce criteri di progettazione e linee guida per aule nuove e ristrutturate e altri spazi di apprendimento (ANSI, 2002). Questo documento indica i livelli di rumore di fondo e i tempi di riverbero negli spazi di apprendimento fondamentali come aule, sale conferenze e biblioteche. Lo standard include anche i requisiti di isolamento acustico, tra gli spazi di apprendimento principali e le aree adiacenti (Shield & Dockrell, 2003).

### **1.2.1 Importanza dell'intelligibilità del parlato nelle classi**

Uno dei principali effetti del rumore e della scarsa acustica in classe è la riduzione dell'intelligibilità del parlato. Se i bambini non sono in grado di capire l'insegnante, la funzione principale di una classe, ovvero facilitare il passaggio di informazioni dall'insegnante all'allievo viene compromessa. Inoltre è importante, sia per l'apprendimento che per l'interazione sociale, che i bambini siano in grado di ascoltare e comprendere i loro coetanei in classe (Shield & Dockrell, 2003).

Studi psicolinguistici hanno ampiamente dimostrato che la percezione del linguaggio dei bambini è più compromessa di quella degli adulti in condizioni di ascolto sfavorevoli. È infatti appurato che la capacità di riconoscere il parlato in condizioni di rumore, migliora fino alla tarda adolescenza e che fino a quel momento più piccolo è il bambino e maggiore è l'effetto dannoso del rumore e del riverbero. (Klatte et al., 2013; Shield & Dockrell, 2003).

Inoltre, i bambini sono meno in grado degli adulti di utilizzare segnali spettro-temporali e spaziali per la separazione di segnali e rumore (Wightman et al., 2003). Questi dati ci suggeriscono che i bambini sono particolarmente inclini al mascheramento informativo (situazione di ascolto in cui il segnale masker e il segnale target sono chiaramente udibili ma l'ascoltatore ha difficoltà a separare gli elementi dei due) che va oltre il mascheramento energetico (situazione di ascolto in cui il segnale masker e il segnale target si sovrappongono nel tempo e nella frequenza in modo che porzioni di segnale siano rese incomprensibili) (Bovo et al., 2018; Klatte et al., 2013).

Sono stati identificati una serie di fattori linguistici e cognitivi che potrebbero essere responsabili delle difficoltà dei bambini con la percezione del parlato nel rumore. Per quanto riguarda i fattori linguistici sappiamo che i bambini sono meno in grado rispetto agli adulti di utilizzare le conoscenze fonologiche memorizzate per ricostruire l'input vocale degradato: questo vale sia a livello dei singoli fonemi, poiché la categorizzazione fonemica, ovvero la capacità di discriminare gli schemi sonori e di organizzare questi schemi in modo coerente, non è ancora ben sviluppata nei bambini, sia per il livello lessicale poiché le rappresentazioni fonologiche delle parole nei bambini sono più olistiche e meno segmentate in unità fonemiche rispetto agli adulti. Questo fa sì che la probabilità di abbinare con successo input vocali incompleti con rappresentazioni nella memoria a lungo termine, sia ridotta. Dobbiamo inoltre tenere conto del fatto che i

bambini piccoli sono meno in grado di utilizzare i segnali contestuali per ricostruire le parole mascherate dal rumore presentate in un discorso (Klatte et al., 2013).

Per quanto riguarda i fattori cognitivi, alla difficoltà dei bambini nella percezione del parlato nel rumore sembrano contribuire le loro immature capacità di attenzione. Infatti sia le misure comportamentali che cerebrali (valutati tramite i potenziali evento correlati) provenienti dai paradigmi di ascolto dicotico forniscono prove che l'attenzione selettiva uditiva migliora gradualmente durante la crescita (Wightman et al., 2010). Considerando il ruolo fondamentale dell'attenzione e delle competenze linguistiche nella comprensione del parlato in situazioni rumorose, è evidente che bambini con disturbi del linguaggio e dell'attenzione abbiano ancor più difficoltà rispetto ai bambini con sviluppo tipico in compiti di percezione del linguaggio. Questi bambini possono essere facilmente distratti in condizioni acustiche avverse o possono avere problemi generali nell'elaborazione del linguaggio, che sono esacerbati nelle classi con scarsa acustica (Klatte et al., 2013; Shield & Dockrell, 2003).

Un maggiore effetto del rumore è evidente anche in bambini che stanno apprendendo una seconda lingua; infatti, studi sugli adulti hanno rivelato che gli ascoltatori non nativi esperti, la cui performance nella loro seconda lingua in silenzio è paragonabile a quella degli ascoltatori nativi, sono superati dagli ascoltatori nativi in condizioni di rumore o rumore combinato con riverbero (Shield & Dockrell, 2003).

Tuttavia, coloro che maggiormente risentono degli effetti del rumore e del riverbero all'interno delle classi sono i bambini con problemi di udito, i quali mostrano una maggiore difficoltà nella comprensione del parlato rispetto ai compagni anche in situazioni di silenzio (Shield & Dockrell, 2003).

I fattori acustici che maggiormente influenzano l'intelligibilità del parlato all'interno delle classi sono il riverbero (la persistenza del suono oltre la durata impressa dalla



sorgente sonora, causato dalle riflessioni multiple delle onde sonore da parte delle pareti della stanza) e il rapporto segnale/rumore (SNR- la grandezza numerica che mette in relazione la potenza del segnale utile, nel nostro caso il parlato, rispetto a quella del rumore). Nonostante ancora ci sia un certo disaccordo l'American Speech Language Earing Association e la British Association of Teachers of the Deaf raccomandano rapporto segnale/rumore di 15 o 20 dB nelle classi per una buona intelligibilità del parlato (Rowell, 2001). Naturalmente dobbiamo tenere conto del fatto che in ogni caso l'intelligibilità del parlato aumenta man mano che il tempo di riverbero tende a zero (Shield & Dockrell, 2003).

È importante sottolineare che l'ascolto in situazioni quotidiane, come ad esempio in una classe, va ben oltre l'identificazione di singole parole o sillabe, che sono i compiti considerati nella maggior parte degli studi. Un ascolto efficace in queste situazioni richiede l'elaborazione semantica e sintattica di informazioni orali complesse e contemporaneamente lo sviluppo di un modello mentale coerente del significato delle parole (Kintsch, 1988). I pochi studi che hanno analizzato compiti di ascolto complessi che richiedevano l'esecuzione di istruzioni orali hanno registrato evidenti peggioramenti nella performance quando l'istruzione veniva emessa in una situazione di rumore (come quella di una classe) rispetto a quando veniva emessa in silenzio da un solo interlocutore e i più colpiti sembravano essere i bambini tra gli 8 e i 12 anni. Questi risultati potrebbero essere spiegati dal fatto che i bambini sono meno in grado degli adulti di ignorare i suoni irrilevanti e quindi sono più suscettibili all'interruzione indotta dal suono nei compiti sia uditivi che non uditivi (Shield & Dockrell, 2003).

### 1.2.2 Effetti delle mascherine sull'intelligibilità del parlato

Generalmente si pensa che la comunicazione vocale sia un processo unimodale, ovvero avvenga soltanto grazie all'ascolto uditivo dell'interlocutore: in realtà, anche gli aspetti visivi del parlato (come il movimento delle labbra e il linguaggio non verbale dell'interlocutore) giocano un ruolo fondamentale nella percezione del parlato che si configura quindi come un processo multimodale (Knowland et al., 2016).

Già a partire dai due mesi di età i bambini rispondono alla congruenza tra segnali del linguaggio uditivo e visivo. Entro i 5 mesi, i bambini sono sensibili all'effetto McGurk: un'illusione intermodale in cui uno stimolo visivo incongruente modula l'identità percepita di uno stimolo uditivo. Ad esempio, il suono /ba/ abbinato a un input visivo |ga| spesso si traduce nella percezione riportata di /da/ o /ða/ (McGurk & Macdonald, 1976). A 4-8 mesi, i bambini fissano più a lungo la bocca di chi parla e a 6 mesi riescono a servirsi della bocca di chi parla per aiutarsi nella discriminazione di schemi sonori (Teinonen et al., 2008). Ci sono prove che i bambini mostrino una sensibilità precoce alle corrispondenze cross-modali e ai segnali visivi. Questo potrebbe essere indicativo di un ruolo centrale di cues visivi nello sviluppo della percezione del linguaggio (Knowland et al., 2016).

Studi, hanno dimostrato che le persone si servono dei segnali visivi del parlato a completamento delle informazioni uditive specialmente quando il discorso target è interrotto dal rumore di fondo (Sumby & Pollack, 1954).

La malattia da coronavirus 2019 (Covid-19) ha dominato il 2020 e la pandemia ha portato a dei drastici cambiamenti nella nostra vita quotidiana e nelle comunità di tutto il mondo. Covid-19 è una malattia trasmissibile che colpisce il sistema respiratorio e viene trasmesso principalmente tra le persone attraverso l'inalazione o l'ingestione di goccioline respiratorie infettive. Dati sperimentali ed epidemiologici supportano l'uso di

mascherine per ridurre la diffusione di Covid-19. Indossare le mascherine, infatti, è diventato obbligatorio in tutti i contesti pubblici come studi medici, scuole, uffici, etc.

Studi recenti però hanno dimostrato che le mascherine smorzano i segnali acustici del parlato e degradano l'effetto della comunicazione verbale, che sono due aspetti critici dell'intelligibilità del messaggio. (Yi et al., 2021).

Le mascherine possono avere effetti dannosi sulla comunicazione verbale e sull'intelligibilità del parlato occludendo importanti segnali visivi della bocca, interferendo con i movimenti articolatori naturali e alterando le caratteristiche acustiche del parlato (Goldin et al., 2020).

Uno studio del 2020 ha valutato in che modo le maschere protettive, il rumore di fondo e gli accenti non nativi influiscono sull'intelligibilità del parlato e sulla comunicazione in generale. Hanno scoperto che il discorso prodotto indossando una mascherina non ha influenzato negativamente l'intelligibilità del parlato in condizioni di ascolto silenzioso. Tuttavia, le frasi con accenti stranieri enunciate da un interlocutore non madrelingua che indossa una mascherina in presenza di rumore di fondo, hanno ridotto l'intelligibilità del parlato rispetto alle frasi prodotte dallo stesso oratore senza la maschera nelle stesse condizioni di rumore ( Keerstock et al., 2020).

Più di recente è stato dimostrato come in presenza di rumore gli ascoltatori percepiscano meno bene il parlato quando l'oratore indossa una mascherina chirurgica o una mascherina trasparente rispetto a quando non indossava nessuna mascherina. Tuttavia, i segnali visivi disponibili con la mascherina trasparente facilitavano la capacità di comprendere il parlato anche in presenza di rumore. È stato inoltre dimostrato che l'utilizzo di un linguaggio chiaro potrebbe migliorare l'intelligibilità del parlato in situazioni di comunicazione difficile, inclusa la mancanza di segnali visivi e segnali acustici ridotti (Yi et al., 2021).

## CAPITOLO 2 – EFFETTI SULL’APPRENDIMENTO

### 2.1 Effetti dell’esposizione al rumore sulle prestazioni scolastiche

Con il termine apprendimento ci si riferisce all’acquisizione di abilità e competenze da parte degli individui (Fernandes et al., 2019) ed è un processo che dipende dalla convergenza di più fattori biologici, sociali ed emotivi dell’individuo. Tra questi fattori, le funzioni cognitive come l’attenzione, la percezione e la memoria, contribuiscono all’identificazione e al mantenimento in memoria del contenuto da apprendere, ovvero all’identificazione dello stimolo e alla sua successiva conservazione nella memoria (Mourão & Melo, 2011).

La concentrazione e la consapevolezza sono due fattori importanti nell’apprendimento: più l’individuo è consapevole, più facilmente impara. Per raggiungere un obiettivo è necessario concentrare l’attenzione sugli stimoli target ignorando possibili distrattori: questo implica che più un ambiente è neutro, maggiori sono le possibilità di apprendere correttamente. Tuttavia l’ambiente scolastico non sempre è un luogo tranquillo, anzi molto spesso può essere un luogo pieno di distrazioni, tra cui i rumori (Fernandes et al., 2019).

Negli ultimi 50 anni sono state molte le ricerche che hanno indagato la relazione tra l’esposizione al rumore dei bambini in età scolare e le loro prestazioni in vari compiti cognitivi. Inizialmente gli studi si sono concentrati sull’esposizione al rumore ambientale esterno alle scuole (es. traffico) ma più recentemente sono stati studiati anche gli effetti del rumore interno alle strutture, come quello proveniente dalle altre aule, dagli impianti o dal vociare dei bambini e del personale scolastico. Questi studi hanno preso in considerazione un’ampia gamma di abilità come alfabetizzazione, attenzione, matematica e memoria (B. M. Shield & Dockrell, 2008).

I risultati emersi mostrano come il rumore abbia un effetto dannoso sugli apprendimenti e sulle performance accademiche dei bambini delle scuole primarie. Tra questi, i compiti che coinvolgono il linguaggio come la lettura e quelli che richiedono una maggiore elaborazione cognitiva come attenzione, problem solving e memoria, sembrano essere quelli più colpiti dall'esposizione al rumore sebbene tali effetti non siano sempre evidenti (Cohen et al., 1980). Più in generale, sembra che l'esposizione cronica al rumore nei bambini possa portare a una memoria più scarsa per compiti che richiedono un elevato carico di elaborazione del materiale semantico, deficit dell'attenzione sostenuta e dell'attenzione visiva, a peggiori capacità di discriminazione uditiva, comprensione del parlato e capacità di lettura, oltre che ad un rendimento scolastico inferiore nei test standardizzati (Shield & Dockrell, 2003).

In letteratura è stato suggerito che questi effetti derivino da un meccanismo duplice. Il primo meccanismo coinvolto, che viene denominato "interference by process", si riferisce al fatto che il rumore potrebbe avere un impatto diretto sulle risorse cognitive competendo con il target da elaborare. In altre parole, processi cognitivi simili sarebbero coinvolti nell'analizzare inconsapevolmente il rumore di fondo mentre affrontano consapevolmente un compito, generando così conflitti e di conseguenza una performance ridotta. Prova di questo potrebbe essere il contenuto semantico del rumore di sottofondo che compromette le prestazioni in compiti che si basano sull'elaborazione semantica (comprensione della lettura, scrittura, etc.).

Il secondo meccanismo chiamato "attentional capture" invece, si riferisce al fatto che il rumore potrebbe interferire con il processo di controllo attentivo di un individuo. Il motivo per cui le prestazioni in un determinato compito sarebbero compromesse dal rumore di fondo risiederebbero dunque nel fatto che il processo attentivo sia

compromesso dal rumore e di conseguenza il completamento del compito principale verrebbe interrotto (Hughes, 2014).

Sono state proposte altre possibili spiegazioni come l'ipotesi del coping secondo cui i bambini affronterebbero livelli eccessivi di rumore ambientale escludendolo dalla percezione cosciente e questo si tradurrebbe in un'esclusione indiscriminata di tutti gli stimoli con conseguente scarsa attenzione generalizzata (Stansfeld et al., 2000). Infine, l'ipotesi dell'aumento dell'eccitazione invece sostiene che l'esposizione al rumore potrebbe provocare un aumento nei livelli di eccitazione dei bambini tanto da comprometterne la concentrazione (Evans & Lepore, 1993).

In ogni caso sono tutti d'accordo nel sostenere che i bambini sono più suscettibili agli effetti dannosi del rumore rispetto agli adulti a causa delle maggiori richieste alle loro capacità cognitive e linguistiche ancora in via di sviluppo. Inoltre i bambini sono più suscettibili degli adulti anche alle distrazioni uditive, poiché la loro attenzione è più incline ad essere distratta (Caviola et al., 2021).

### **2.1.1 Effetti sulle capacità di lettura**

Leggere è un'attività complessa composta da molteplici processi interdipendenti. Ad oggi si ha un'ampia varietà di prospettive teoriche sull'acquisizione delle abilità di lettura. La psicologia cognitiva e la neuropsicologia cognitiva, ad esempio, si concentrano sull'analisi dei processi neurocognitivi alla base delle capacità di lettura in lettori esperti, principianti e con difficoltà. Le caratteristiche di questi processi sono legate alle proprietà del sistema di scrittura in questione e al fatto che si tratti di una lingua "trasparente" come, ad esempio, l'italiano o "opaca" come l'inglese (Salles & Parente, 2007).

Uno dei modelli più accreditati sull'apprendimento della lettura è il modello a due vie ("Dual route") (Salles & Parente, 2007) nel quale è stato postulato che il soggetto utilizzi

almeno due processi nella lettura ad alta voce: il processo fonologico, che implica la conversione grafema-fonema e il processo lessicale, che utilizza le rappresentazioni di parole conosciute, memorizzate nel lessico, per riconoscere le parole (Ellis & Young, 1996).

Tramite un apprendimento progressivo e continuo gli studenti raggiungono a mano a mano un livello superiore nella lettura, per cui il riconoscimento e la conversione grafema-fonema avvengono con maggiore fluidità. Per questo processo è importante la disponibilità, tramite l'accesso lessicale diretto e le memorie semantiche, di alcune proprietà grafiche della parola che devono essere sia adeguatamente memorizzate che ortograficamente corrette. A contribuire al miglioramento delle abilità di lettura sono anche l'istruzione e il normale sviluppo di alcune capacità che consentono agli studenti di apprendere e stabilizzare delle regole ortografiche e quindi di avere un recupero più rapido e appropriato dei contenuti e delle parole, riducendo la frequenza di utilizzo del percorso fonologico per la lettura. L'attenzione, che è uno dei processi coinvolti nelle abilità di lettura, è uno dei principali processi cognitivi che cresce significativamente con la maturità; infatti, è ben noto che con la crescita migliora la capacità di elaborare le informazioni e si riduce la difficoltà nel focalizzare e mantenere l'attenzione, il che favorisce le abilità di lettura (Fernandes et al., 2019).

Molti studi hanno trovato una correlazione negativa significativa tra attenzione e lettura, ovvero minore è il punteggio nel test di attenzione, maggiore è il tempo di lettura (Fernandes et al., 2019). Questo mostra come la lettura presupponga dei meccanismi intrinseci come la capacità di selezionare un'area specifica del campo visivo, e di elaborare le informazioni rilevanti e di filtrare le informazioni irrilevanti e i distrattori. Questo meccanismo agisce come un filtro che accentua le informazioni del bersaglio o sopprime le informazioni di oggetti che distraggono o entrambi (Fernandes et al., 2019).

Studi sull'apprendimento delle abilità di lettura e sul loro sviluppo indicano che questo processo è soggetto all'interdipendenza di vari fattori: biologici, cognitivi e socio-evolutivi. Il corretto sviluppo delle capacità uditive e la presenza di condizioni acustiche favorevoli sembrano essere fondamentali per l'apprendimento all'interno dell'ambiente scolastico. Alti livelli di rumore ambientale influiscono direttamente sulla comunicazione in classe: di conseguenza, la capacità di comprensione ne risente, ostacolando il processo di apprendimento degli studenti. (Yang & Bradley, 2009).

Uno studio recente sugli effetti del rumore sulle prestazioni nelle attività di lettura e scrittura, ha osservato che gli studenti riescono ad affrontare in maniera adeguata il rumore a 20 dB, ma un aumento fino a 40 dB sopra il livello del rumore ambientale causa un peggioramento delle prestazioni in queste attività. Alti livelli di rumore, infatti, possono innescare degli effetti a catena, come il parlare degli studenti in classe e il conseguente innalzamento del tono dell'insegnante che possono portare alla compromissione del messaggio verbale veicolato e dunque ad una compromissione del processo di apprendimento e un conseguente calo del rendimento scolastico (Fernandes et al., 2019).

Il progetto RANCH, ha indagato gli effetti dell'esposizione cronica al rumore del traffico aereo e stradale sulla comprensione della lettura (Clark et al., 2006). Dai risultati si evince come l'esposizione al rumore degli aerei sia correlata negativamente con la comprensione della lettura dei bambini. Mentre questo fenomeno non si verifica per il rumore del traffico stradale (Clark et al., 2006). D'altro canto, Hygge e colleghi hanno rilevato come sia il rumore del traffico stradale che il rumore verbale hanno alterato il recupero in memoria di un testo da parte dei bambini (Hygge et al., 2003). Ancora, i risultati di Johansson (Johansson, 1983) non hanno rivelato effetti significativi del rumore né sulla comprensione della lettura né sulla velocità di lettura ma hanno scoperto che i bambini



con basso QI risentivano maggiormente dell'impatto del rumore, rispetto a quelli con alto QI. Inoltre, numerose ricerche hanno dimostrato che le prestazioni delle persone in compiti che coinvolgono l'elaborazione semantica, come la comprensione della lettura, sono particolarmente da rumori di sottofondo di tipo verbale (Martin et al., 1988; Oswald et al., 2000).

Uno studio di Ljung del 2009 ha riscontrato un rallentamento nella velocità di lettura dei bambini esposti al rumore del traffico stradale ma non una compromissione della comprensione (Ljung et al., 2009). Questa scoperta suggerisce che i bambini o dovevano dedicare più tempo a tornare indietro nel testo mentre leggevano perché la loro codifica era disturbata dal rumore del traffico stradale o dovevano dedicare più tempo alla codifica per comprendere il testo senza tornare indietro (Ljung et al., 2009).

Alla luce di tutti questi risultati vediamo come siano ancora necessari ulteriori studi sperimentali per determinare come e perché diversi rumori influiscano sulle capacità di lettura.

### **2.1.2 Effetti sulle competenze matematiche**

La matematica è universalmente riconosciuta come una delle materie fondamentali dell'educazione ma è anche noto come meno apprezzata rispetto ad altre materie scolastiche, oltre che essere frequente causa di stress per gli alunni (Dowker, 2019).

Sono numerosi gli studi nel campo della psicologia e dell'educazione che hanno cercato di indagare le ragioni dei diversi livelli di prestazione degli alunni in matematica. Esistono numerosi fattori che possono influire su questa diversità, inclusi fattori cognitivi e ambientali. Tra questi ultimi è noto che le aule rumorose influiscono fortemente sui risultati accademici degli studenti (Caviola et al., 2021).

Durante la scuola i bambini sviluppano una serie impressionante di abilità matematiche, dimostrando che essa è un'abilità tutt'altro che unitaria (Cowan et al., 2011). Risolvere un'equazione algebrica o un problema aritmetico consiste nello svolgimento di una sequenza di passaggi che coinvolgono diverse abilità dominio specifiche come il conteggio, il recupero dei fatti numerici, la comprensione di principi aritmetici, concettuali e procedurali (Passolunghi et al., 2008), oltre a competenze dominio generali e ad aspetti cognitivi come la memoria di lavoro e l'attenzione (Caviola et al., 2014).

Come in altri ambiti educativi, anche diversi aspetti dell'apprendimento della matematica cambiano con l'età, soprattutto nei bambini. Infatti, mentre alcune abilità di base sembrano essere legate a processi di maturazione e sviluppo, abilità più complesse dipendono dall'apprendimento e dall'istruzione formale pur beneficiando delle competenze acquisite con l'età (Caviola et al., 2016). I diversi contesti di apprendimento (le esperienze a casa e a scuola) possono spiegare una parte della diversità delle prestazioni in matematica dei bambini: gli studenti sembrano avere risultati migliori se frequentano scuole con un clima educativo più positivo sotto ogni aspetto dell'esperienza scolastica, dalla qualità dell'insegnamento (esperienza e stipendi degli insegnanti) a quella dell'ambiente scolastico (dimensione delle aule, riscaldamento, illuminazione, acustica e pulizia) (Caviola et al., 2021).

È generalmente riconosciuto che le classi rumorose abbiano un impatto negativo sul rendimento scolastico degli studenti, in particolare su coloro che hanno difficoltà di apprendimento. Oltre che per l'intelligibilità del parlato (come visto in precedenza) il rumore si è dimostrato dannoso anche per lo svolgimento di compiti complessi come quelli matematici (Klatte et al., 2010). Un ambiente rumoroso, infatti, aumenta la richiesta di risorse da mettere a disposizione in quanto, nel caso di compiti presentati verbalmente ad esempio, l'elaborazione del parlato deve competere con l'effettiva esecuzione del

compito. Per questo motivo l'impatto del rumore in classe sulla performance sembra dipendere anche dalle caratteristiche specifiche del compito da svolgere (Kahneman, 1973).

Non sono molti gli studi che hanno preso in considerazione compiti di matematica accademica nel valutare l'impatto del rumore ambientale sulle prestazioni degli studenti. I primi studi hanno indicato che il rumore non ha alcun effetto sulle prestazioni dei bambini nella risoluzione a mente di addizioni, sottrazioni, moltiplicazioni e divisioni scritte, indipendentemente dal tipo o dal livello di difficoltà (Kassinove, 1972). Studi successivi però hanno mostrato come i bambini avevano prestazioni migliori in compiti di lettura, di ortografia e aritmetici in situazioni di silenzio rispetto a situazioni in presenza del vociare dei bambini e del rumore esterno alla classe (Dockrell & Shield, 2006). In uno studio del 2009 sono stati indagati gli effetti del rumore sui compiti aritmetici più complessi somministrando ai bambini problemi aritmetici e geometrici di base e un test di ragionamento matematico in situazioni di rumore. I risultati hanno mostrato come il rumore aveva avuto un effetto significativo sulle prestazioni in matematica di base (che era migliore in condizione di silenzio rispetto alle condizioni di rumore), ma non sulle prestazioni nel compito di ragionamento aritmetico più complesso (Ljung et al., 2009). Una possibile spiegazione di questo risultato risiede nel fatto che un compito di matematica più complesso incoraggia implicitamente i bambini di qualsiasi età a concentrare attivamente la loro attenzione sul compito da svolgere. La difficoltà di un compito, i limiti di tempo, la motivazione e le capacità individuali influenzano la concentrazione, e livelli di concentrazione più elevati sembrano proteggere dall'impatto negativo del rumore sulle prestazioni nel compito. Quando il compito è più difficile, la presenza o assenza di rumore non sembra influenzare l'accuratezza o i tempi di risposta perché il compito assorbe tutte le risorse cognitive disponibili (Sörqvist & Marsh, 2015).

Uno studio più recente con bambini dagli 11 ai 16 anni, ha mostrato che l'effetto del rumore sulle prestazioni dell'attività può dipendere dal suo livello sonoro. In particolare, un livello alto di rumore (70 dB) ha ridotto significativamente l'accuratezza dei bambini ma non ha influenzato i loro tempi di risposta, mentre un livello sonoro medio (64 dB) non ha pregiudicato l'accuratezza ma ha rallentato significativamente i loro tempi di risposta nel compito aritmetico di base (Connolly et al., 2016).

Esistono pochi studi sul modo in cui le differenze legate all'età influenzano l'effetto del rumore di fondo sulle prestazioni matematiche. In uno di questi non è stata riscontrata alcuna influenza dello stadio di sviluppo sull'accuratezza dello svolgimento di un compito matematico in situazione di rumore, sebbene i tempi di risposta degli alunni più grandi fossero significativamente più brevi rispetto a quelli dei bambini più piccoli (Meinhardt-Injac et al., 2015). Inoltre, mentre i bambini più grandi non sono stati influenzati da alcun suono di sottofondo, è stato riscontrato un effetto negativo nell'accuratezza e nei tempi di risposta in bambini più piccoli esposti al suono del parlato in una lingua straniera. Questi risultati potrebbero significare che l'effetto del rumore sulla prestazione del compito potrebbe essere modulato dall'età del bambino in termini di una diversa allocazione delle risorse associate a diversi livelli di abilità matematica (Meinhardt-Injac et al., 2015).

In generale possiamo dire che c'è una relazione tra il rumore e l'apprendimento matematico sebbene diversi tipi di rumore sembrano influenzare l'apprendimento matematico in modo diverso a seconda dell'età e della difficoltà del compito. Rimangono comunque necessarie ulteriori ricerche per poter avere una comprensione approfondita della dinamica tra l'esposizione al rumore e le prestazioni nella risoluzione di problemi di matematica (Caviola et al., 2021).

## **2.2 Effetti dell'esposizione al rumore sulle funzioni esecutive (memoria, attenzione, inibizione)**

Con il termine funzioni esecutive (FE) si fa riferimento all'insieme di abilità cognitive di ordine superiore necessarie per esaminare e raggiungere un obiettivo (Cristofori et al., 2019). Queste funzioni sono ciò che consente di comprendere concetti complessi o astratti, risolvere problemi mai incontrati prima, pianificare e attuare progetti, gestire le relazioni ma anche di monitorare e modificare il proprio comportamento in caso di necessità. Le funzioni esecutive sono dunque processi mentali top-down necessari quando affidarsi all'istinto o all'intuizione sarebbe sconsigliato, insufficiente o impossibile (Barkley, 2012; Cristofori et al., 2019).

Usare le FE è faticoso: non è facile manipolare numeri, fatti o idee nella propria testa. È più facile cedere alle tentazioni che resistervi, è più facile continuare a fare quello che si è fatto piuttosto che cambiare o pensare a cosa fare dopo (Diamond, 2013).

C'è un accordo generale sul fatto che ci siano tre FE principali: memoria di lavoro (ML), controllo inibitorio e flessibilità cognitiva, ciascuno composta due sottocomponenti. La memoria di lavoro è un sistema limitato che rende possibile il tenere attivamente a mente le informazioni e riuscire a manipolarle. La memoria di lavoro è fondamentale, ad esempio, per dare un senso a tutto ciò che si legge o si sente pronunciare che è più lungo di una o due parole, perché si deve tenere a mente ciò che si è letto o sentito e metterlo in relazione con ciò che si sta leggendo o ascoltando adesso. La ML è inoltre fondamentale per fare qualsiasi calcolo mentale o per manipolare mentalmente idee e possibilità. Essa si divide in due sottotipi in base all'area dei contenuti: memoria di lavoro verbale e memoria di lavoro visuospatiale (Diamond, 2020).

Il controllo inibitorio implica essere in grado di controllare la propria attenzione, il proprio comportamento e i propri pensieri o emozioni per contrastare una forte predisposizione interna o un richiamo esterno per portare a termine un obiettivo. In altre parole, implica resistere ad una forte inclinazione a fare una cosa e invece farne un'altra più appropriata o necessaria (Diamond, 2011). Le due sottocomponenti del controllo inibitorio sono autocontrollo o inibizione della risposta e controllo dell'interferenza. L'autocontrollo consiste nel sopprimere una risposta dominante, o il proprio primo impulso, e dare invece una risposta più appropriata. Il controllo inibitorio ci permette di scegliere (cioè, esercitare un controllo volontario) come reagire e cambiare il modo in cui ci comportiamo. Il controllo dell'interferenza implica il controllo della propria attenzione e dei propri pensieri tramite l'attenzione selettiva che resiste alle distrazioni dell'ambiente e sostiene la concentrazione (Diamond, 2020).

Infine, la flessibilità cognitiva, anche indicata come set shifting o flessibilità mentale è anch'essa costituita da due aspetti: una sottocomponente si riferisce alla capacità di vedere qualcosa da prospettive diverse (es. passare dal pensare alle conseguenze economiche di un evento al pensare alle conseguenze umane), l'altro all'adattamento rapido e flessibile al cambiamento (es. trovare una strada alternativa verso un obiettivo quando il percorso che si voleva intraprendere è bloccato). Sulla base di queste tre funzioni esecutive principali, si costruiscono le FE di ordine superiore come ragionamento, problem solving e pianificazione (Diamond, 2020).

Le funzioni esecutive sono fondamentali per il successo a scuola e nella vita, la salute fisica e mentale e l'armonia sociale. Esse a volte sono più predittive di questi aspetti rispetto al quoziente intellettivo o allo stato socioeconomico (Moffitt et al., 2011).

Le FE dipendono dalla corteccia prefrontale e da altre regioni cerebrali con cui è interconnessa, come la corteccia cingolata anteriore e la corteccia parietale. La corteccia

prefrontale è l'ultima regione del cervello ad evolversi e impiega più tempo per maturare completamente, per questo motivo le FE migliorano durante tutta l'infanzia e l'adolescenza, fino a raggiungere il picco verso i 30 anni (Marzocchi & Valagussa, 2011).

Ad oggi in letteratura sono numerosi gli studi che indagano gli effetti dell'esposizione cronica al rumore sulla memoria di lavoro. Prove emergenti suggeriscono che condizioni di ascolto sfavorevoli hanno un effetto negativo sulla percezione uditiva e sulla memoria di lavoro (Sullivan et al., 2015).

Secondo gli studiosi Siegel & Ryan (1989), la memoria di lavoro può essere influenzata sia da fattori intrinseci (come l'attenzione o la perdita dell'udito) che da fattori estrinseci (come il rumore e la complessità linguistica) i quali possono ridurre la quantità di risorse disponibili per la codifica, la memorizzazione e l'elaborazione (Siegel & Ryan, 1989). In uno studio di Osman & Sullivan (2014) sono state riscontrate prestazioni di memoria di lavoro ridotte in maniera sistematica in presenza multitalker babble noise in bambini normoudenti: è stata osservata una diminuzione del 10% circa nelle prestazioni rumorose rispetto alle prestazioni in situazione di quiete sia nel richiamo di cifre in avanti che in quello all'indietro. Inoltre, il rumore ha avuto un effetto simile sulle prestazioni indipendentemente dalla complessità del compito. Questi risultati suggeriscono che l'esposizione al rumore inibisca i processi della memoria di lavoro per i bambini in età scolare (Osman & Sullivan, 2014). Gli stessi autori hanno osservato anche una relazione tra la memoria di lavoro e la comprensione verbale (Sullivan et al., 2015).

Secondo alcuni studiosi la comprensione orale è costituita da 5 componenti: ascoltare l'idea; identificare i fatti e i dettagli; fare inferenze e ragionamenti; definire il vocabolario ed estrarre e comprendere gli elementi più rilevanti (Bowers et al., 2006). Nello studio di Sullivan è emerso che il rumore aveva un effetto negativo significativo sull'identificazione dei dettagli, la definizione del vocabolario, il ragionamento e la

comprensione dei messaggi, tutte attività che coinvolgono la memoria di lavoro. Pertanto, i bambini con punteggi di memoria di lavoro più alti sono stati in grado di eseguire meglio il compito di comprensione. Questo risultato suggerisce che i bambini con maggiori capacità di memoria di lavoro siano in grado di compensare meglio quando sono presenti fattori estrinseci come il rumore e che la riduzione delle prestazioni nel rumore non sia legata soltanto alla scarsa udibilità del messaggio (Sullivan et al., 2015). A conferma di ciò nella review di Ellermeier e Zimmer (2014) è stata osservata l'interferenza del rumore anche nella memorizzazione di materiale presentato visivamente. Ciò che emerge è che la memorizzazione di elenchi di lettere o cifre presentati visivamente, è compromessa in modo significativo quando il rumore di sottofondo è di tipo verbale, anche quando viene espressamente chiesto ai soggetti di ignorarlo (Ellermeier & Zimmer, 2014).

È interessante notare come alcuni studiosi ritengano che l'attenzione abbia un ruolo più rilevante rispetto alla memoria di lavoro nell'impatto del rumore di tipo verbale in compiti di richiamo seriale di numeri (Elliott & Briganti, 2012). È infatti noto che l'esposizione acuta al rumore possa avere degli effetti sui livelli di attenzione soprattutto nei bambini (Klatte et al., 2013). Le caratteristiche del suono e le capacità attenzionali dei soggetti sembrano avere un impatto sulla cattura dell'attenzione: gli stimoli uditivi salienti (es. di significato personale come il proprio nome), inaspettati o devianti dal contesto uditivo vicino hanno un forte potenziale per catturare l'attenzione e ancora di più sui bambini dove il controllo dell'attenzione è ancora immaturo (Klatte et al., 2013).

Oltre agli effetti dell'esposizione acuta al rumore, molti studi hanno riscontrato anche effetti dovuti all'esposizione cronica. Gli studi di Karsdorf e Klappach (1968) mostrano infatti punteggi inferiori a quelli standard in compiti di attenzione sostenuta tra i bambini cronicamente esposti al rumore (Karsdorf & Klappach, 1968). Inoltre testimonianze di insegnanti di scuola primaria raccolte a metà degli anni '70 da Crook e Langdon, hanno



mostrato un'evidente discrepanza nei livelli di concentrazione tra i bambini di scuole rumorose, rispetto a quelli di scuole più tranquille (Crook & Langdon, 1974).

Studi cognitivi su bambini con livelli variabili di esposizione a fonti di rumore croniche hanno mostrato anche possibili diminuzioni dell'attenzione visiva: i bambini provenienti da case più esposte a fonti di rumore o da asili situati vicino a binari ferroviari, impiegavano più tempo ad individuare gli stimoli pittorici target all'interno di una serie di immagini rispetto ai bambini provenienti da case e asili relativamente più tranquilli (Hambrick-Dixon, 1988; Heft, 1988).

I bambini cronicamente esposti al rumore sembrano anche avere più difficoltà nei compiti di discriminazione uditiva e la difficoltà sembra aumentare con l'aumentare della durata dell'esposizione (Cohen et al., 1973). Una possibile spiegazione di questa difficoltà potrebbe riferirsi alle strategie cognitive adottate da questi bambini per far fronte a interruzioni, distrazioni ed interferenze del rumore. Questi bambini imparano a filtrare ed escludere gli stimoli uditivi indesiderati, tuttavia, questa tendenza rischia spesso diventare troppo generalizzata tanto da fare sì che i vari tipi di stimoli acustici, compreso il discorso, non vengano considerati con attenzione (Deutsch, 1964).

Per quanto riguarda gli effetti del rumore sul controllo inibitorio attualmente in letteratura non esistono molti studi. Tuttavia una ricerca che aveva lo scopo di confrontare i parametri dei compiti di due versioni differenti del Continuous Performance Test (CPT), la Standard e la tradizionale, ha evidenziato gli effetti che ansia e rumore possono avere su compiti che coinvolgono il controllo inibitorio (Ballard, 2001). Nel corso dello studio è emerso che i compiti nella versione Standard CPT non misuravano l'attenzione sostenuta, come ci si aspettava, ma il controllo inibitorio: ciò ha permesso di osservare come la variazione dei livelli di ansia e di rumore ambientale possano influire sulle

performance in compiti di controllo inibitorio. Sono stati riscontrati effetti significativi dell'interazione tra livelli di ansia del partecipante e rumore. In particolare i partecipanti che avevano alti livelli di ansia mostravano risultati migliori quando erano esposti a rumori forti, mentre i partecipanti con bassi livelli di ansia avevano migliori risultati in situazioni di quiete (Ballard, 2001). Non essendo questa scoperta l'obiettivo principale della ricerca sono necessari ulteriori studi futuri per determinare il grado in cui le differenze nelle prestazioni del compito sono dovute al rumore.

## **2.2 Effetti dell'esposizione al rumore sulla motivazione.**

La motivazione è una rappresentazione mentale che condiziona l'orientamento ad agire della persona che la genera. È tutto ciò che dà scopo ad un comportamento (Cook & Artino, 2016).

Quando parliamo di motivazione facciamo riferimento ad un costrutto multidimensionale che comprende da una parte aspetti personali, cognitivi e affettivi che gli individui elaborano nelle interazioni sociali, e dall'altra i contesti in cui gli individui si trovano ad agire (Mariani, 2012).

È ormai ben nota l'importanza della motivazione negli apprendimenti scolastici soprattutto nei bambini. Sono numerosi gli studi che mostrano come la percezione di autoefficacia e la motivazione influiscano sulle capacità di apprendimento e come siano fattori predittivi più affidabili dell'abbandono accademico rispetto al rendimento scolastico (Biasi et al., 2017).

La motivazione ad apprendere può essere generalmente intesa come una spinta interna, che sprona l'allievo ad impegnarsi e a persistere nelle attività scolastiche, consentendogli di sviluppare un atteggiamento positivo nei confronti dell'istruzione. Si tratta di un

insieme di processi interiori che spingono il soggetto ad attivarsi nella vita scolastica per dare inizio, orientare e calibrare la corretta intensità del proprio atteggiamento verso lo studio (Mariani, 2012).

Ad avere una grande influenza sulla motivazione negli apprendimenti sono le attribuzioni, ovvero le spiegazioni che lo studente assegna ai propri successi o insuccessi. Gli studenti spesso stabiliscono dei collegamenti consci o inconsci tra un evento o un risultato osservato e i fattori personali che hanno portato a quel risultato (cioè la causa sottostante). Quando gli studenti percepiscono che la causa sottostante è modificabile e sotto il loro controllo, è più probabile che persistano di fronte al fallimento. Inoltre la motivazione negli apprendimenti non può essere completamente spiegata come un fenomeno individuale, ma si devono prendere in considerazione anche le interazioni tra lo studente e il contesto (Cook & Artino, 2016).

Diversi studi hanno dimostrato che l'incontrollabilità dell'esposizione cronica al rumore può influenzare gli stati emotivi e motivazionali dei bambini. Essere esposti ad eventi ripetuti e incontrollabili (specialmente se negativi) può indurre sentimenti di impotenza (Evans & Lepore, 1993). Sono molti infatti, coloro che vivono in zone rumorose e riferiscono di sentirsi incapaci o impotenti a modificare la situazione (Jue et al., 1984). L'impotenza appresa descrive il processo secondo cui l'organismo apprende che i risultati dei suoi sforzi per controllare o sfuggire ad uno stimolo incontrollabile sono inutili. Essa si manifesta come una mancanza di sforzo e reattività agli stimoli e alle sfide ambientali (Miller & Seligman, 1975).

Lo studioso Sheldon Cohen ha condotto numerosi studi sugli effetti del rumore sugli stati motivazionali. In un primo studio trasversale condotto nel 1980 sono state riscontrate delle associazioni significative tra esposizione al rumore e deficit motivazionali nei bambini (Cohen et al., 1980). Questi risultati sono stati poi confermati in uno studio

longitudinale l'anno successivo su bambini che frequentavano scuole situate lungo le traiettorie di volo degli aeroporti (Cohen et al., 1981).

Cohen e i suoi colleghi hanno inoltre mostrato come una maggiore esposizione al rumore fosse associata ad una minore persistenza nel cercare di risolvere puzzle impegnativi da parte dei bambini e dunque ad un maggiore tasso di rinuncia verso il compito. Gli autori, infatti, mostrano come il 15% dei bambini esposti cronicamente al rumore rinunci a concludere il compito ancor prima della fine del tempo a disposizione, mentre solo il 2% dei bambini che frequentano scuole tranquille mette in atto lo stesso comportamento (Cohen et al., 1980). Anni dopo, questo studio è stato replicato da Evans il quale ha riscontrato la relazione tra rumore e impotenza solo nelle ragazze. La letteratura mostra infatti come le femmine siano maggiormente vulnerabili all'impotenza appresa (Evans et al., 1995).

Influenze significative del rumore sulla motivazione sono state trovate anche in bambini molto piccoli i quali sembrano essere meno motivati ad impegnarsi nella padronanza degli oggetti o nel controllo del loro ambiente dopo una prolungata esposizione al rumore. È stato osservato che bambini di 12 mesi che vivevano in famiglie più numerose, tendevano a mettere in atto interazioni meno efficaci e a mostrare una minore padronanza con i giocattoli rispetto ai bambini provenienti da case relativamente tranquille (Wachs, 1987). Alla luce di questi risultati appare evidente come la riduzione delle prestazioni dei bambini in situazioni di rumore non dipenda soltanto dall'influenza del rumore su aspetti cognitivi ma anche dall'influenza su aspetti motivazionali.

## CAPITOLO 3 –LA RICERCA

### 3.1 Scopo della tesi

L'obiettivo del presente studio è quello di andare ad indagare gli effetti che un ambiente classe rumoroso può avere sul funzionamento esecutivo dei bambini di scuola primaria, specialmente in compiti di attenzione, memoria ed inibizione.

In questa ricerca è stata somministrata ai bambini l'app CoEN (acronimo per “Cognitive Effort in Noise”), in due diverse condizioni acustiche: quiete e rumore (riprodotto tramite un altoparlante). Questa applicazione è stata sviluppata da un team multidisciplinare di psicologi, ingegneri informatici e audiologi afferenti al centro Human Inspired Technology (HIT) e al Dipartimento di Neuroscienze dell'Università degli studi di Padova in collaborazione con lo IUAV di Venezia. La realizzazione dell'applicazione CoEN è avvenuta nell'ambito del progetto “Nuovi parametri di qualità nella scuola primaria: favorire l'apprendimento attraverso interventi sull'ambiente interno”, il cui obiettivo era quello di sviluppare nuove tecniche di misurazione della qualità ambientale delle aule scolastiche, al fine di progettare degli ambienti che favorissero l'apprendimento e che fossero più inclusivi. Il progetto coordinato dalla Prof.ssa Barbara Arfé è stato approvato dal comitato etico locale dell'Università di Padova e finanziato dal programma Operativo Regionale F.S.E 2014-2020 Regione veneto, in collaborazione con il Fondo Europeo di sviluppo Regionale POR 2014-2020.

In linea con i risultati ottenuti da altri studi (Evans & Lepore, 1993; Klatte et al., 2010; B. M. Shield & Dockrell, 2003) in questa ricerca si ipotizza che lo svolgimento in classe di compiti cognitivi in presenza di un rumore di fondo porti ad un peggioramento delle performance dei bambini rispetto allo svolgimento degli stessi compiti in condizione di

quiete (Caviola et al., 2021; Clark et al., 2006; Klatte et al., 2013; Papanikolaou et al., 2015).

### 3.2 Partecipanti

Lo studio ha coinvolto i bambini di una classe terza e di due quarte della scuola primaria “Don Bosco” di Torreglia (PD). Il campione è composto da 55 bambini di età compresa tra gli 8 e i 10 anni: 24 bambini appartenenti alla classe 3A e 31 bambini appartenenti alle due classi 4A e 4B. Dei 55 bambini coinvolti nello studio 30 sono femmine mentre i restanti 25 sono maschi.

#### Statistiche descrittive

	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
<b>ID età</b>	55	8	10	8,82	,611
<b>Numero di casi validi (listwise)</b>	55				

#### ID genere

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
<b>Valido</b>	<b>F</b>	30	54,5	54,5	54,5
	<b>M</b>	25	45,5	45,5	100,0
	<b>Totale</b>	55	100,0	100,0	

## ID classe

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Valido	<b>Terza elementare</b>	24	43,6	43,6	43,6
	<b>Quarta elementare</b>	31	56,4	56,4	100,0
	<b>Totale</b>	55	100,0	100,0	

### 3.3 Procedura e strumenti

Prima di iniziare la raccolta dati sono stati informati i genitori dei bambini ai quali è stato fatto firmare il modulo di consenso informato alla ricerca e al trattamento dei dati personali.

Successivamente sono state date ai bambini le istruzioni sia per le prove cartacee che per quelle svolte su tablet, in modo che non ci fossero interruzioni e distrazioni durante lo svolgimento. È stato poi associato ad ogni bambino un codice identificativo da riportare su ogni prova in modo da garantirne l'anonimato.

Una volta spiegate le istruzioni e consegnati i codici, sono stati somministrati ai bambini test cognitivi su tablet (tramite l'app CoEN) e prove di apprendimento carta matita (comprensione del testo e generazione di frasi) nelle due diverse condizioni acustiche. Per la condizione di rumore è stato riprodotto un rumore multi talker-babble di intensità pari a 65 dB tramite un altoparlante posizionato all'interno della classe. Subito dopo aver terminato le prove cognitive con l'app CoEN, è stato chiesto ai bambini di compilare un questionario di valutazione dello sforzo cognitivo percepito, nel quale dovevano valutare in autonomia quanto fosse stato difficile prestare attenzione e quanto si fossero stancati durante le attività.

Data la limitata disponibilità dei tablet si è deciso di dividere la classe in due gruppi e di far svolgere a metà classe la prova su tablet mentre l'altra metà affrontava le prove di apprendimento su carta. Dopo circa 30-45 minuti i tablet sono stati ritirati e sanificati. Successivamente sono stati invertiti i compiti in modo che tutti i bambini potessero svolgere sia le attività su tablet che quelle carta matita.

### **3.4 Prove cognitive con l'App CoEN**

CoEN (acronimo di Cognitive Effort in Noise) è un'applicazione progettata sia per sistemi operativi iOS che per Android, che si presenta come un gioco interattivo con un'interfaccia chiara, divertente e colorata.

L'app può essere utilizzata sia da bambini di scuola primaria che da quelli di scuola secondaria fino ai 13 anni. Al suo interno è possibile scegliere se svolgere le attività proposte in condizioni di silenzio o di rumore, scegliendo un determinato livello di intensità di rumore di tipo "babble noise".

La struttura dell'applicazione richiama l'idea di un "viaggio" accompagnato da due personaggi: i robot Quiety e Noisy (uno per ogni condizione). Il percorso è composto da varie tappe, ovvero i vari test cognitivi, al termine dei quali il bambino riceve delle lettere che gli permettono di scoprire il nome della destinazione, ossia la città in cui vive il robot che lo ha accompagnato durante il viaggio.

Il primo personaggio incontrato dai bambini è Noisy (figura 1) il quale vive nella città di Brumbo (figura 2) (nome onomatopeico che rispecchia l'idea di rumore), mentre Quiety (figura 3), il secondo, vive nella città di Ambios (figura 4) un ambiente ecologico e tranquillo. La presenza dei due diversi personaggi è stata introdotta al fine presentare al



bambino una nuova sfida da affrontare evitando così il calo di motivazione nel passaggio tra la prima e la seconda fase di somministrazione.



Figura 2 - Il robottino Noisy



Figura 1 - La destinazione di Noisy



Figura 3 - Il robottino Quietly

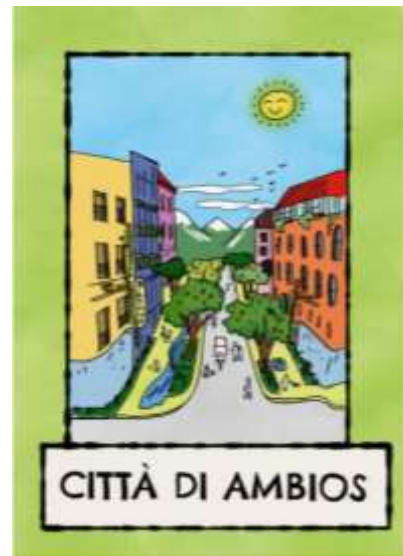


Figura 4 - La destinazione di Quietly

La grafica dell'applicazione richiama le pagine di un quaderno. Nella prima schermata vengono mostrati il nome e il logo dell'app (figura 5), successivamente appaiono delle schermate dove vengono richiesti i dati anagrafici dei bambini (figura 6) (età, genere, classe scolastica, mano dominante), utili sia per personalizzare i giochi sia per l'analisi conclusiva dei dati, ed infine iniziano a presentarsi i vari giochi ognuno appartenete ad

uno specifico test. Prima del test vero e proprio ai bambini vengono presentati degli esempi che possono essere riprodotti più volte, al fine di facilitare la comprensione delle consegne e del funzionamento dell'attività ai bambini.

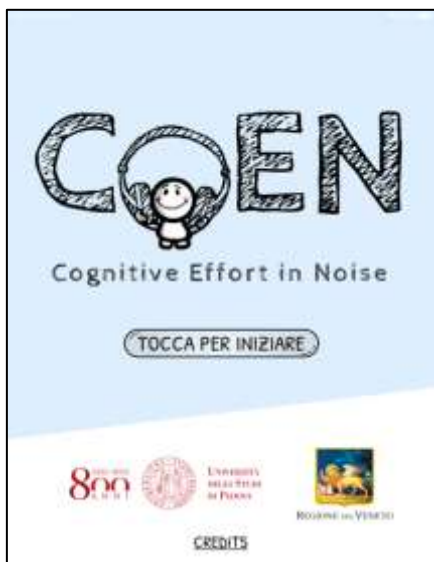


Figura 5 - Copertina dell'app



Figura 6 - Domande presenti nella parte relativa ai dati anagrafici

I sei giochi presentati all'interno dell'app sono degli adattamenti di test neuropsicologici sviluppati e validati per i più piccoli, ampiamente utilizzati per misurare le tre abilità cognitive prese in esame in questo studio: attenzione, inibizione e memoria di lavoro. In particolare, i test sono:

1. Digit span diretto (WISC-IV –Orsini & Pezzuti, 2012);
2. Digit span inverso (WISC-IV –Orsini & Pezzuti, 2012);
3. Reading span (Arfè et al., 2015);
4. Test di attenzione (NEPSY-II –Korkman et al., 2012.);
5. Test di attenzione (WISC-IV –Orsini & Pezzuti, 2012);
6. Test di inibizione (Diamond et al., 2007)

Per ogni test, l'app CoEN tiene conto dell'accuratezza (risposte esatte ed errori commessi) e del tempo di reazione.

### **3.4.1 Digit span diretto e inverso**

Il test di digit span sia nella condizione diretta (in avanti) che inversa (all'indietro) è un test tratto dalla WISC-IV, in cui il subtest originale prende il nome di “memoria di cifre” e rientra nell'indice di memoria di lavoro (IML).

Nel subtest di memoria di cifre diretta il soggetto deve ripetere alcune cifre lette ad alta voce dallo sperimentatore, nello stesso ordine in cui le ha sentite, mentre nel subtest di memoria di cifre inversa il soggetto deve ripetere i numeri nell'ordine inverso rispetto a come sono stati letti dallo sperimentatore. Se entrambi i subtest valutano la capacità di mantenere in memoria l'informazione e di rievocarla, il subtest di memoria di cifre indiretta valuta anche la capacità di rielaborazione e manipolazione dell'informazione, risultando quindi un compito molto complesso (Picone et al., 2017).

Il punteggio si calcola in base al numero di serie correttamente rievocate prima di giungere al criterio di interruzione che consiste in due errori consecutivi ad entrambe le prove di un item (Orsini & Pezzuti, 2012).

Inizialmente quando il numero di cifre è esiguo il soggetto potrebbe trovare naturale e semplice la rievocazione della sequenza, ma quando il numero aumenta, il processo risulta più difficile e il soggetto deve utilizzare delle strategie per mantenere attive le informazioni ricevute (Orsini & Pezzuti, 2012).

Nell'app CoEN il test è completamente digitalizzato, dunque la presentazione delle cifre non avviene oralmente come nella versione originale, ma i numeri appaiono sul tablet e il bambino deve trascriverli attraverso la tastiera (figura 7). Per ogni item le cifre appaiono al centro dello schermo ad intervalli di tempo regolari (una al secondo). Dopo l'ultimo numero appare un pallino blu che indica al bambino la fine della serie di numeri e che dunque può iniziare la rievocazione e la scrittura di numeri. Per entrambe le versioni del

digit span si presentano le 8 serie di numeri con un aumento progressivo delle cifre da ricordare (inizialmente solo due fino ad un massimo di nove).

L'applicazione raccoglie sia i dati relativi all'accuratezza che quelli relativi ai tempi di reazione. Quest'ultimo viene calcolato dalla comparsa del pallino blu, al momento in cui il bambino preme il tasto "avanti". Il punteggio finale è ottenuto considerando 1 punto per ogni stringa corretta e 0 per ogni errore. Il gioco termina quando il bambino commette due errori consecutivi su due stringhe di uguale lunghezza. Prima di passare al gioco successivo appare una lettera che comporrà il nome della città in cui vive il robot che ha accompagnato il bambino nello svolgimento dell'esercizio.



*Figura 7 - Schermata di inserimento cifre da tastiera*

### **3.4.2 Reading span test**

Il reading span test è uno strumento utilizzato per misurare la componente esecutiva della memoria di lavoro verbale. La prima versione risale al 1980 ed è stata ideata da Daneman,

& Carpenter, ma da allora ha subito numerosi riadattamenti, tra cui quello di Arfé e colleghe nel 2015 che hanno creato una versione specifica per bambini con impianto cocleare (dai 7 ai 16 anni) e da cui prende ispirazione la versione presente nell'app CoEN (Arfé et al., 2015; Daneman & Carpenter, 1980).

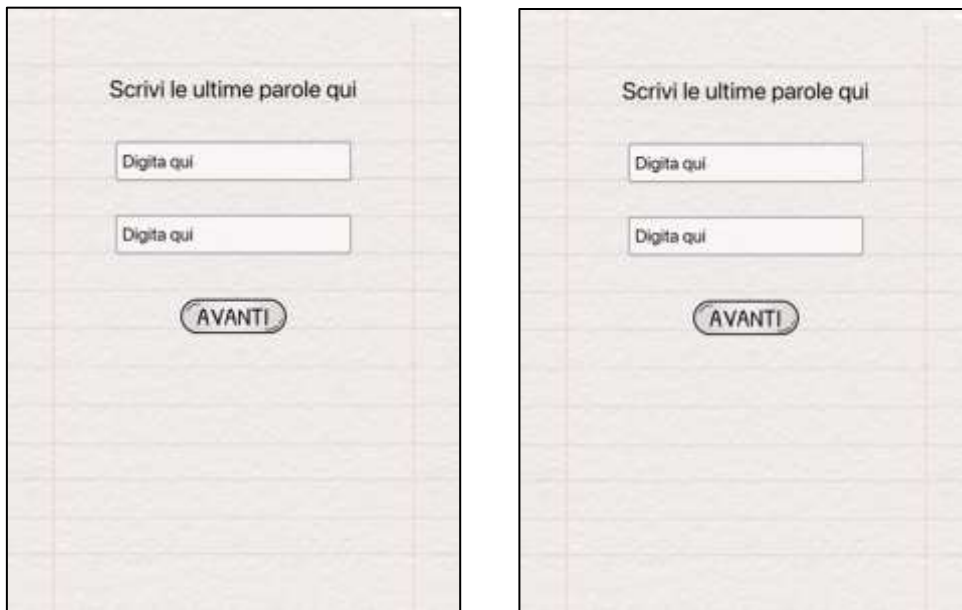
Il test consiste nel mostrare al bambino diverse frasi sullo schermo del tablet, una alla volta e in numerosità crescente (inizialmente due fino ad un massimo di cinque). Dopo ogni set di frasi il bambino deve tenere a mente l'ultima parola delle frasi appena viste e rispondere ad una domanda di comprensione valutando se la frase è vera o falsa (nel test metà erano vere e metà erano false). Il compito di comprensione incentiva i bambini a leggere attentamente le frasi e comprenderne il significato. Le parole finali delle frasi sono parole a cui i bambini sono frequentemente esposti e che quindi dovrebbero essere di facile memorizzazione (figura 8).

Le frasi vengono presentate sullo schermo per 5 secondi. Questo intervallo temporale è stato definito considerando anche i parametri standardizzati di velocità di lettura dei bambini (Cornoldi et al., 2010.; Tressoldi et al., 2001).

Anche in questo test la difficoltà aumenta progressivamente: i set, infatti, sono composti inizialmente da 2 frasi per arrivare a comprenderne 5.

Il test in totale è composto da 28 periodi con diversa lunghezza (dalle 5 alle 8 parole) e caratterizzati da una struttura semplice (sia a livello sintattico che semantico): soggetto,

verbo e complemento (es. “l’elefante ha un piccolo naso”). Il gioco termina quando il bambino non riesce a ricordare le parole o commette degli errori di comprensione in due frasi dello stesso set. Anche in questo caso prima di passare al gioco successivo compare una lettera che andrà a comporre il nome della città in cui vive il robot di quella condizione (rumore o quiete).



*Figura 8 - Schermate con domande vero/falso e inserimento ultime parole*

### **3.4.3 Test di attenzione visiva sostenuta**

Tra i giochi dell’app CoEN sono presenti due test di attenzione sostenuta e di ricerca visiva tratti rispettivamente dalle batterie NEPSY-II(Korkman et al., 2012) e WISC-IV(Orsini & Pezzuti, 2012). La differenza tra i due riguarda la tipologia di stimoli raffigurati: nel primo la ricerca riguarda immagini di volti, nel secondo, di animali.

Il primo gioco è tratto dal sub-test “attenzione visiva” appartenente al dominio cognitivo Attenzione e Funzioni Esecutive, della NEPSY-II, una batteria che valuta lo sviluppo neuropsicologico in età evolutiva, prescolare e scolare, tra i 3 e i 16 anni.

Il test consiste nel presentare al bambino due stimoli target (due volti) che devono essere trovati, entro i 180 secondi a disposizione, all'interno delle pagine in cui sono presenti anche stimoli non target, molto simili ai due stimoli target. Nella versione originale del test gli stimoli presentati sono 176, suddivisi in 11 righe con 16 immagini l'una. Nella versione dell'app CoEN invece, data l'impossibilità di mostrare tutti gli stimoli in un'unica pagina gli stimoli sono stati disposti in 8 pagine: nelle prime 4 gli stimoli sono disposti in delle griglie con 6 righe e 4 colonne mentre nelle successive 4 pagine le immagini sono disposte in 5 righe e 4 colonne, per un totale anche qui di 176 stimoli. Per selezionare uno stimolo il bambino non deve fare altro che toccare l'immagine che si colorerà con un riquadro azzurro (figura 9). Come per le prove carta-matita dove non è possibile cancellare un'immagine cerchiata, anche qui una volta selezionata un'immagine



*Figura 9 - Esempio di selezione degli stimoli target nel test di attenzione visiva tratto dalla batteria NEPSY-II*

non è possibile deselegionarla. Una volta che il bambino ha terminato di esaminare una pagina, per andare alla pagina successiva deve premere il tasto “avanti”. Il gioco termina allo scadere dei 180 secondi o quando il bambino arriva al pulsante “fine”.

Il secondo gioco è un adattamento del sub-test supplementare della batteria WISC-IV denominato “test di cancellazione”, il quale appartiene all’indice di velocità di elaborazione. La prova è molto simile al test di attenzione visiva della NEPSY-II con la differenza che in questo caso gli stimoli target sono animali e gli stimoli non target sono altri oggetti di uso comune come auto, utensili, strumenti musicali etc. Inoltre, mentre nella prova di attenzione visiva vengono dati a disposizione 180 secondi, nella prova di cancellazione i secondi a disposizione sono soltanto 45.

Nel test originale di cancellazione gli stimoli sono presentati sia in maniera strutturata che in maniera non strutturata ma nella versione dell’app CoEN si è scelto di somministrare al bambino solo la parte strutturata. Anche in questo caso gli stimoli sono stati divisi in più pagine, in particolare per ogni schermata si ha un totale di 40 stimoli suddivisi in 8 righe e 5 colonne ed è il bambino a decidere quando passare alla pagina successiva premendo il tasto “avanti” (figura 10).

In entrambi i test per il punteggio finale si considera: il tempo di esecuzione (se bambino ha terminato il compito entro il limite di tempo), il numero di stimoli target correttamente segnati, il numero errori (stimoli non target che il bambino può aver erroneamente segnato). Il punteggio di accuratezza è dato dal numero di stimoli target correttamente individuati al quale va sottratto il numero degli errori.



Come per gli altri test alla fine di ogni gioco appare una nuova lettera per comporre il nome della città in cui vive la mascotte.



Figura 10 - Esempio di selezione degli stimoli target nel test tratto dal sub-test di cancellazione delle WISC-IV

### 3.4.4 Test di inibizione

L'ultimo gioco incontrato dai bambini è un test per misurare le capacità di inibizione, ovvero la capacità di controllare la propria attenzione, il proprio comportamento e i propri pensieri o emozioni per contrastare una forte predisposizione interna o un richiamo per fare ciò che si intende fare (Diamond, 2011).

Il test per misurare l'inibizione presente nell'app CoEN è tratto da uno dei due protocolli di misurazione citati nello studio di Diamond e colleghi del 2007 (Diamond et al., 2007).

Diamond e colleghi parlano di due diversi tipi di protocolli: il "Flander task" e il "Dots task" al quale è ispirato il gioco nell'app.

Il test è strutturato in 3 parti: 1) congruente, in cui si richiede al soggetto di svolgere un'azione seguendo sempre una determinata regola; 2) incongruente, in cui si chiede al

soggetto di seguire un criterio in contrapposizione al precedente; 3) mista, in cui le due condizioni precedenti si alternano.

Nella prima parte, quella congruente, in modo casuale appare un cuore rosso a destra o a sinistra dello schermo del tablet (figura 11). Dopo alcuni istanti al soggetto viene chiesto di premere la freccia che indica la direzione in cui si trova il cuore. Nella seconda parte invece, quella incongruente, appare l'immagine di un fiore viola e il soggetto deve selezionare la freccia rivolta verso la direzione opposta rispetto a quella in cui si trova il fiore (figura 12). Infine, nella terza e ultima parte, quella mista, cuori rossi e fiori viola

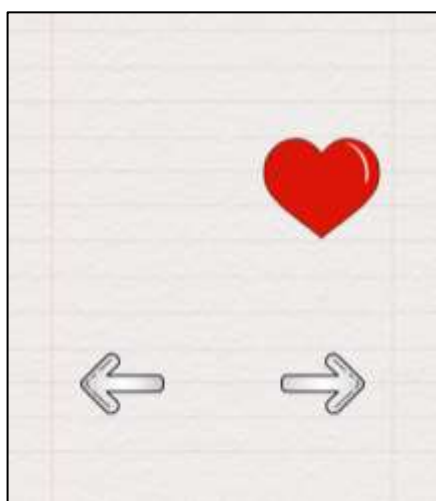


Figura 11 - Cuore rosso (condizione congruente)

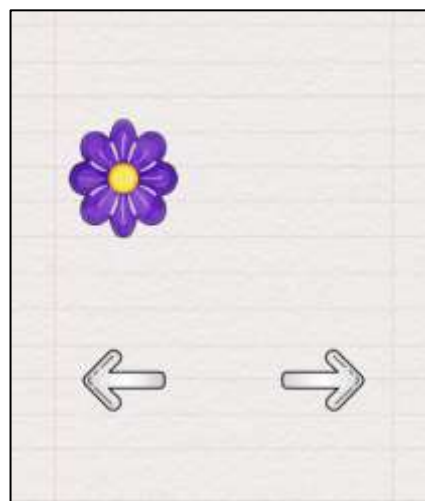


Figura 12 - Fiore viola (condizione incongruente)

possono apparire in maniera casuale sullo schermo mantenendo ognuno la propria regola (cuore = congruente; fiore =incongruente).

Ogni parte è composta da 20 trials distribuiti equamente tra destra e sinistra. All'interno del gioco non è presente nessun vincolo temporale, per passare allo stimolo successivo è sufficiente che il bambino preme una delle due frecce, giusta o sbagliata che sia. Il punteggio finale del test è dato sia dalla correttezza delle risposte fornite che dal tempo impiegato per farlo. Il criterio che però viene preso maggiormente in considerazione è l'accuratezza in quanto dalle ricerche di Diamond sembrerebbe essere la misura più sensibile ed utile per studiare il grado di inibizione (Diamond et al., 2007).

Una volta completato il test appare sullo schermo l'ultima lettera che compone il nome della città in cui vive il robot, la quale viene finalmente rivelata al bambino.

### **3.5 Prove carta matita**

Come accennato in precedenza, mentre metà classe svolgeva le attività su tablet, l'altra metà ha svolto attività carta-matita nelle due condizioni di quiete e rumore. Le due prove che si è deciso di somministrare sono: comprensione del testo (Cornoldi & Colpo, 1995) e generazione spontanea di frasi (Arfé & Pizzocaro, 2016).

#### **3.5.1 Comprensione del testo**

Per la prova di comprensione del testo sono stati scelti quattro brani tratti dalle prove MT di Cornoldi (Cornoldi & Colpo, 1995) le quali forniscono norme per una serie di brani raccolte su un campione molto ampio, più di 8.000 alunni, utili per valutare le abilità di lettura di bambini dalla prima classe della scuola primaria alla terza della secondaria di I grado (Cornoldi et al., 2010).

Per le classi quarte sono stati scelti i brani "Il panda" e "Voglia di giocare", mentre per la classe terza sono stati scelti i "L'asino nel fiume" e "Il mercante derubato". I Brani per ciascuna classe sono stati somministrati uno nella condizione di quiete e l'altro nella condizione di rumore: per le classi quarte i brani sono stati alternati ("Il panda" nella condizione di rumore per la classe 4B e di quiete per la classe 4A, viceversa per il brano "Voglia di giocare") per evitare un effetto dovuto alla differenza del brano. Le prove sono state scelte in base alla classe frequentata dai bambini e quindi sono equivalenti per difficoltà. La durata del compito è di circa venti minuti e prevede la lettura di un brano e la successiva risposta a domande a scelta multipla inerenti al brano appena letto. Per ogni domanda ci sono 4 risposte di cui solo una corretta. Il punteggio finale si calcola assegnando un punto per ogni risposta corretta.

### **3.5.2 Generazione spontanea di frasi**

Questo test è stato ideato per testare la fluidità dei bambini nel generare frasi scritte (Arfé & Pizzocaro, 2016). In ciascuna delle due condizioni ai bambini è stato consegnato un foglio di carta con due coppie di parole (latte – tazza e pecora – gabbia; cani – gatti e tigre – acqua) ed è stato chiesto loro di formulare quante più frasi possibili in cinque minuti. È stato raccomandato ai bambini di utilizzare sempre le parole nella loro forma esatta (variazioni di genere o da plurale a singolare e viceversa sono considerati errori) e di non comporre frasi con variazioni minime tra di loro. Prima dell’inizio del test sono stati proposti degli esempi ai bambini per permettergli di comprendere meglio il compito.

I punteggi sono stato calcolati assegnando: due punti se la frase era semanticamente e sintatticamente corretta, un punto se la frase era corretta solo sintatticamente (per frasi non plausibili es. “la tigre zampetta sull’acqua”) e zero punti se la stessa frase era stata prodotta due volte o non era né semanticamente né sintatticamente corretta. Infine, è stato assegnato mezzo punto alle frasi che differivano solo in minima parte da quella precedente (ad esempio “io faccio colazione con una tazza di latte” e “mio fratello fa colazione con una tazza di latte”). Dato che con questo test si voleva misurare solo l’abilità di generazione del testo, nel valutare l’accuratezza delle frasi non sono stati considerati gli errori di punteggiatura, maiuscole o errori di ortografia (Arfé & Pizzocaro, 2016).

### **3.6 Questionari self-report**

Al termine di ognuna delle due condizioni acustiche ai bambini è stato fatto compilare un questionario self-report volto ad indagare la percezione soggettiva dello sforzo cognitivo del bambino durante l’esecuzione dei giochi.

		Ho fatto fatica a ricordare				
Per niente	Un po'	Abbastanza	Molto	Moltissimo		
I	II	III	IIII	IIIIII		

		Ero distratto/a dal rumore				
Per niente	Un po'	Abbastanza	Molto	Moltissimo		
I	II	III	IIII	IIIIII		

Figura 13 - Esempi di domande e vignette del questionario sullo sforzo cognitivo

Il questionario utilizzato è stato ideato partendo da quello originale di Bess e Hornsby (Bess & Hornsby, 2014) in cui vengono utilizzate delle scale Likert con cinque possibili risposte agli item ciascuna definita da un'etichetta verbale (uno corrispondeva a “per niente” mentre cinque a “moltissimo”). Inoltre, per favorire la presa di decisione dei bambini agli estremi della scala sono state posizionate delle vignette (figura 13). Ai partecipanti è stato richiesto di segnalare quanto avessero trovato difficili i giochi e quanto si fossero stancati nel farli.

Successivamente ai bambini è stato chiesto anche di compilare un questionario relativo alla piacevolezza e all'utilizzabilità dell'app, le cui domande sono state riprese da materiale già standardizzato e dalla letteratura precedente (Markopoulos & Bekker, 2003;

		Ti sei divertito/a:				
PER NIENTE	UN PO'	ABBASTANZA	MOLTO	MOLTISSIMO		
I	II	III	IIII	IIIIII		

		Hai fatto fatica ad usare i comandi:				
PER NIENTE	UN PO'	ABBASTANZA	MOLTO	MOLTISSIMO		
I	II	III	IIII	IIIIII		

Figura 14 - Esempi di domande e vignette del questionario sull'utilizzabilità

Read et al., 2009; Sim et al., 2006). Anche in questo caso il questionario è strutturato su scala Likert a 5 punti associati a ad etichette verbali e a delle vignette (figura 14).

Nella seconda parte del questionario sono inoltre presenti dei fonometri da colorare in base alla piacevolezza di ogni singolo gioco affrontato dal bambino, il quale viene rievocato da un piccolo disegno riassuntivo (figura 15).

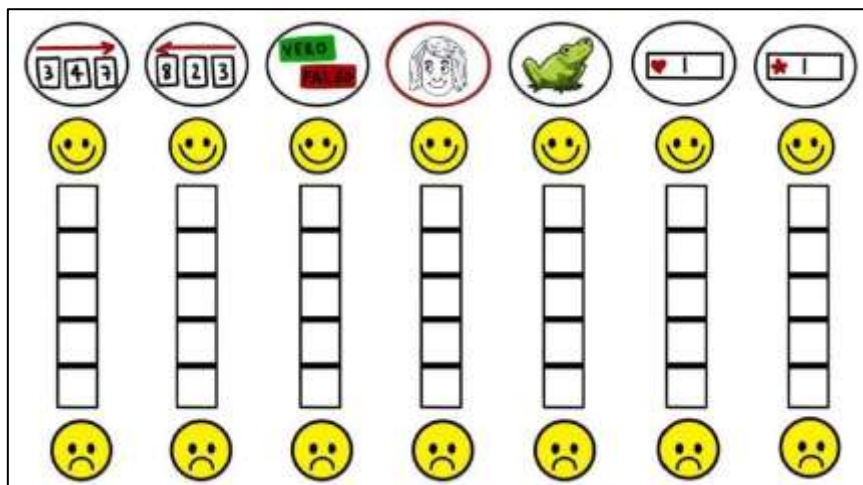


Figura 15 – Fonometri per la piacevolezza dei giochi

### 3.7 Risultati

L'analisi dei dati ha comportato la valutazione statistica delle performance cognitive dei bambini ai giochi dell'app CoEN, oltre che la valutazione del questionario self report sullo sforzo cognitivo.

Per le analisi statistiche è stato usato il software SPSS. Sono state svolte le seguenti analisi:

- Statistiche descrittive
- T-test per campioni appaiati

Per ognuno dei test somministrati sono state svolte delle statistiche descrittive al fine di avere un'idea generale della performance dei partecipanti. Il parametro utilizzato è quello relativo alle risposte esatte.

Il test di reading span non è stato preso in considerazione in questa analisi poiché anche il minimo errore di trascrizione da parte del bambino, nell'applicazione viene registrato come errore; infatti, i risultati di questo test necessiterebbero di una correzione manuale o di una revisione dell'applicazione e dunque non risultano al momento affidabili.

### 3.7.1 Risultati ai test cognitivi (App CoEN)

Vengono riportati qui di seguito, nello specifico, i valori minimi e massimi ottenuti dai due gruppi in ciascun test, oltre al valore medio con la relativa deviazione standard (Tabella 1).

#### Statistiche descrittive

	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
<b>Digit Span Avanti Quiete (corrette)</b>	51	2	8	5,82	1,438
<b>Digit Span Avanti Rumore (corrette)</b>	52	0	11	5,81	2,077
<b>Digit Span Indietro Quiete (corrette)</b>	52	0	9	4,92	2,456
<b>Digit Span Indietro Rumore (corrette)</b>	51	0	8	5,10	2,202
<b>Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza)</b>	52	-64	30	13,38	14,106

Test	Attenzione	Faccine	52	-36	34	10,58	14,876
<b>Rumore (accuratezza)</b>							
Test	Attenzione	Animali	52	-29	43	23,87	12,789
<b>Quiete (accuratezza)</b>							
Test	Attenzione	Animali	52	-47	38	17,19	16,502
<b>Rumore (accuratezza)</b>							
Test	Inibizione	Quiete	52	0	60	50,54	12,799
<b>(corrette)</b>							
Test	Inibizione	Rumore	52	0	60	47,92	13,626
<b>(corrette)</b>							

Tabella 1- Analisi descrittiva dei test eseguiti nella popolazione campione nelle due condizioni (quiete e rumore)

Per valutare le differenze tra le due condizioni acustiche entro il gruppo sono stati svolti dei Test t di Student per campioni appaiati (Tabella 2)

	Differenze accoppiate					t	gl	Significatività	
	Media	Deviazione std.	Errore standard della media	Intervallo di confidenza della differenza di 95%				p unilaterale	p bilaterale
				Inferiore	Superiore				
Digit Span Avanti Quiete (corrette) - Digit Span Avanti Rumore (corrette)	-,196	1,996	,294	-,788	,397	-,665	45	,255	,510
Digit Span Indietro Quiete (corrette) - Digit Span Indietro Rumore (corrette)	,184	1,642	,266	-,355	,724	,692	37	,247	,493



<b>Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza) - Test Attenzione Faccine Rumore (accuratezza)</b>	2,822	10,920	1,628	-,458	6,103	1,734	44	,045	,090
<b>Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza) - Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza)</b>	6,064	12,954	1,890	2,260	9,867	3,209	46	,001	,002
Test Inibizione Quiete (corrette) - Test Inibizione Rumore (corrette)	2,553	11,182	1,631	-,730	5,836	1,565	46	,062	,124

*Tabella 2 - Risultati Test t di Student per campioni accoppiati*

Dai risultati ottenuti al Test t di Student si evince che le uniche differenze significative tra le prestazioni nelle due condizioni si hanno per i due test di attenzione (Tabella 2)  $p=.002$ , e  $p= .045$ . In particolare, osservando le medie nel test (Tabella 1), si può notare come sia la performance al test di attenzione della batteria WISC-IV che quella al test della batteria NEPSY-II subiscano un peggioramento significativo dell'accuratezza nella condizione di rumore rispetto a quella di quiete (media in quiete WISC-IV = 23,87; media in rumore WISC-IV 17,19; media quiete NEPSY-II= 13,38; media rumore NEPSY-II=10,58). Per quanto riguarda gli altri test non sono state riscontrate differenze significative tra performance nelle due condizioni di quiete e di rumore.

Per valutare la dimensione dell'effetto prodotto dalle differenti condizioni acustiche (quiete e rumore) abbiamo valutato la  $d$  di Cohen, che indica se l'ampiezza dell'effetto trovato è piccola, media o grande (Tabella 3).

	$d$ di Cohen	Intervallo 95% Inferiore	confidenza Superiore
Digit Span Avanti (corrette) Quiete vs Rumore	-0,098	-0,387	0,192
Digit Span Indietro (corrette) Quiete vs Rumore	0,112	-0,208	0,430
Attenzione NEPSY-II (accuratezza) Quiete vs Rumore	0,258	-0,040	0,554
Attenzione WISC-IV (accuratezza) Quiete vs Rumore	0,468	0,164	0,767
Inibizione (corrette) Quiete vs Rumore	0,228	-0,063	0,517

Tabella 3 - Analisi della dimensione dell'effetto mediante  $d$  di Cohen

La dimensione dell'effetto si considera molto piccola se è minore o uguale a 0.20, piccola se compresa tra 0.20 e 0.50, media se compresa tra 0.50 e 0.80 e grande se maggiore di 0.80. In questo caso, si ha una dimensione dell'effetto piccola nei test di attenzione visiva sostenuta sia della batteria NEPSY-II ( $d = 0,258$ ) che della batteria WISC -IV ( $d = 0,468$ ).

### 3.7.2 Risultati questionario self report

Per valutare l'attendibilità degli item del questionario abbiamo calcolato l'Alpha di Cronbach, un metodo statistico per misurare la coerenza interna di un questionario composto da item che hanno una risposta di tipo numerico.

	Media scala se viene eliminato l'elemento	Varianza scala se viene eliminato l'elemento	Correlazione e elemento- totale corretta	Alpha di Cronbach se viene eliminato l'elemento
Self Report Effort Rumore Mi sento stanco	9,06	12,017	0,480	0,697
Self Report Effort Rumore Gli esercizi erano facili	9,88	14,353	0,436	0,706
Self Report Effort Rumore Mi fa male la testa	9,70	14,867	0,319	0,734

Self Report Effort Rumore. È stato facile rimanere attento	9,40	12,000	0,586	0,658
Self Report Effort Rumore Ho fatto fatica a ricordare	9,46	13,029	0,574	0,668
Self Report Effort Rumore Ero distratto dal rumore	9,70	13,480	0,441	0,704

Tabella 4 - Statistiche elemento totale condizione di rumore

	Media scala se viene eliminato l'elemento	Varianza scala se viene eliminato l'elemento	Correlazione e elemento-totale corretta	Alpha di Cronbach se viene eliminato l'elemento
Self Report Effort Quiete Mi sento stanco	8,22	8,011	0,069	0,552
Self Report Effort Quiete Gli esercizi erano facili	8,43	6,625	0,266	0,443
Self Report Effort Quiete Mi fa male la testa	8,67	7,808	0,234	0,457
Self Report Effort Quiete. È stato facile rimanere attento	8,55	6,878	0,311	0,414
Self Report Effort Quiete Ho fatto fatica a ricordare	8,02	6,104	0,446	0,326
Self Report Effort Quiete Ero distratto dal rumore	9,12	8,735	0,309	0,462

Tabella 5 - Statistiche elemento totale condizione di quiete

L'affidabilità si considera bassa se il valore dell'Alpha di Cronbach è minore o uguale a 0.40, incerta se è compreso tra 0.40 e 0.60, discreta se è compreso tra 0.60 e 0.80 e ottima se è compreso tra 0.80 e 0.90. In questo caso si ha una discreta affidabilità degli item per la condizione di rumore (tabella 6) mentre un'affidabilità incerta nella condizione di quiete (tabella 7).

Vengono riportati qui di seguito le medie per ogni item del questionario self-report nelle due condizioni acustiche (tabella 4) e un grafico a barre delle medie (grafico 1)

#### Statistiche descrittive

	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Quiete "Mi sento stanco"	52	1	5	2,00	1,103
Rumore "Mi sento stanco"	50	1	5	2,38	1,323
Quiete "Gli esercizi erano facili"	52	1	5	1,77	1,165

Rumore “Gli esercizi erano facili”	50	1	4	1,56	,907
Quiete “Mi fa male la testa”	51	1	5	1,53	,833
Rumore “Mi fa male la testa”	50	1	5	1,74	,965
Quiete “E' stato facile rimanere attento”	51	1	5	1,71	1,119
Rumore “E' stato facile rimanere attento”	50	1	5	2,04	1,177
Quiete “Ho fatto fatica a ricordare”	52	1	5	2,15	1,055
Rumore “Ho fatto fatica a ricordare”	50	1	4	1,98	1,000
Quiete “Ero distratto dal rumore”	51	1	3	1,08	,392
Rumore “Ero distratto dal rumore”	50	1	5	1,74	1,084

Tabella 6 - medie per ogni item del questionario self report nelle due condizioni acustiche

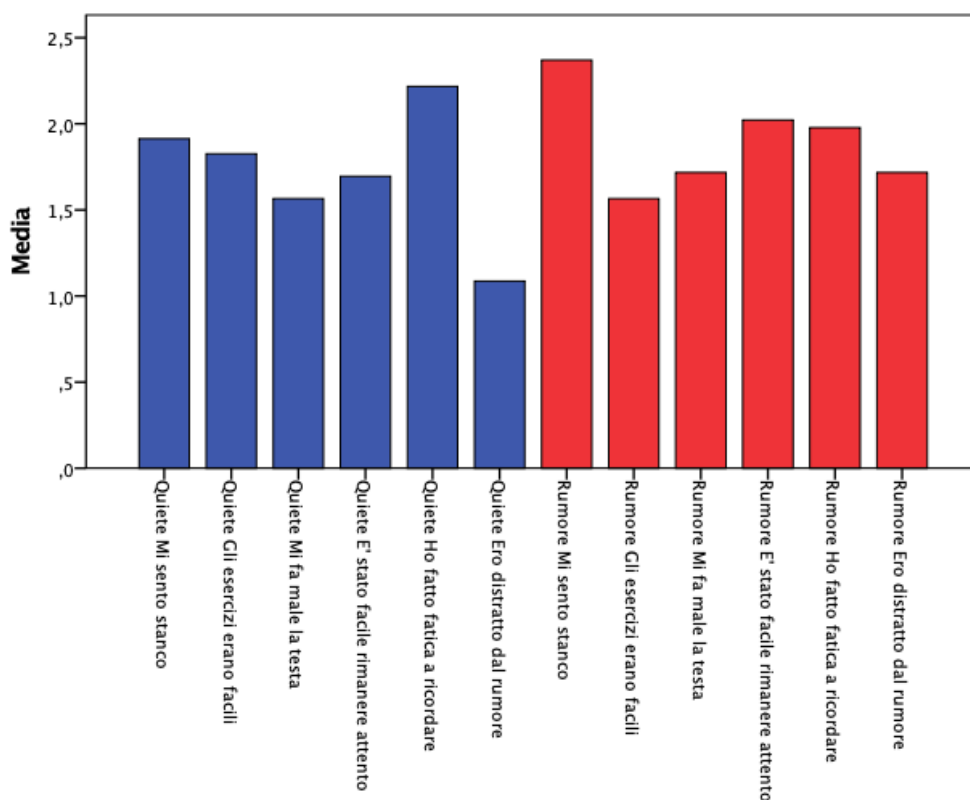


Grafico 1 – Grafico a barre delle medie del questionario self report nelle due condizioni acustiche

Come si può notare dalla tabella e dal grafico, le medie nella condizione di rumore sono lievemente superiori per quasi tutti gli item. Per capire se queste differenze sono rilevanti, è necessario confrontare le medie attraverso un Test t di Student per campioni appaiati (tabella 5).

**Test campioni accoppiati**

	Differenze accoppiate				Intervallo di confidenza della differenza di 95%	t	gl	Sign. (a due code)
	Media	Deviazione std.	Media errore standard	Inferiore				
Media Self Report Totale in Quiete - Media Self Report Totale in Rumore	-,1722	,6964	,1005	-,3744	,0300	-1,713	47	,093

*Tabella 7 - Risultati Test t di Student per campioni appaiati*

Come si evidenzia dal test, questa differenza non è significativa ( $p > 0.05$ ). Dunque, in questo caso non sembra esserci una diversa percezione soggettiva da parte dei bambini dell'affaticamento cognitivo in condizioni di rumore.

## CAPITOLO 4 – DISCUSSIONE

### 4.1 Discussione dei risultati

I risultati presentati in precedenza mostrano un andamento corrispondente solo in parte a quello atteso sulla base della letteratura (Belojevic et al., 2012; Crook & Langdon, 1974; Evans & Lepore, 1993; Klatte et al., 2010).

L'aspettativa era quella di trovare, in relazione a quanto discusso nei capitoli precedenti, delle differenze significative a livello di performance tra le due condizioni acustiche (quiete e rumore), con un andamento peggiore nella condizione di rumore.

Nel presente studio sono state riscontrate differenze significative soltanto nelle performance dei due compiti di attenzione. La  $d$  di Cohen mostra infatti, come siano proprio i test di attenzione sostenuta a subire un maggior effetto negativo del rumore, rispetto agli altri test, pur mostrando una dimensione dell'effetto piccola o moderata. Questi risultati sono in linea con quanto riportato da Elliot (2002), la quale mostra come il rumore abbia un effetto maggiore sulla performance di attenzione nei bambini in quanto questi ultimi hanno capacità di controllo dell'attenzione ancora immature il che li rende più facilmente distraibili da stimoli esterni (Elliot, 2002). È ormai appurato infatti che le funzioni esecutive migliorino durante tutta l'infanzia e l'adolescenza, fino a raggiungere il picco verso i 30 anni (Marzocchi & Valagussa, 2011)

Per quanto riguarda il digit span diretto e inverso non sono state riscontrate differenze significative tra la condizione di quiete e quella di rumore. Una possibile spiegazione di questi dati potrebbe essere legata al tipo di rumore (multi-talker babble) e al tipo di stimoli utilizzati nel nostro studio. La maggior parte degli studi presenti in letteratura mostra infatti un impatto negativo del rumore sulla memoria di lavoro (Evans & Lepore, 1993;

Hygge et al., 2003). Alcune ricerche, tuttavia, sottolineano una differenza tra l'effetto del rumore informativo (parlato intelligibile) e quello del rumore non informativo (Hughes et al., 2013; Klatte et al., 2013). Klatte e colleghi, ad esempio, sostengono che il rumore informativo abbia un effetto maggiore sulla memoria di lavoro, rispetto al parlato indistinguibile, in quanto il contenuto intelligibile del messaggio evocherebbe automaticamente processi di elaborazione cognitiva che andrebbero a competere con lo svolgimento del compito (Klatte et al., 2013). Gli stessi studiosi mostrano inoltre come ad avere maggiore impatto sulla cattura dell'attenzione sono stimoli uditivi salienti, di significato personale (es. il proprio nome), inaspettati o derivanti dal contesto (Klatte et al., 2013).

Per quanto riguarda il tipo di stimoli, uno studio di Elliot & Briganti evidenzia come gli effetti del rumore sul richiamo seriale, utilizzato nel presente studio, siano diversi da quelli sul richiamo di prosa, mostrando come il richiamo di prosa risenta di più dell'interferenza del rumore soprattutto nel caso di capacità di memoria di lavoro ancora limitate come nel caso dei bambini (Elliott & Briganti, 2012). La mancanza di risultati significativi nel nostro studio potrebbe quindi essere giustificata dalla tipologia di rumore (meno intrusiva) e dal tipo di compiti di richiamo (meno suscettibili agli effetti del rumore), presentati.

Un'ulteriore spiegazione di questi risultati potrebbe essere data alla luce dei risultati ottenuti da Hughes e colleghi (2013) i quali hanno evidenziato come l'effetto del parlato inintelligibile sulle performance di richiamo seriale sia stato notevolmente ridotto tramite l'aumento della difficoltà del compito e di conseguenza dell'attenzione focalizzata (Hughes et al., 2013). Nel nostro caso trattandosi di bambini di terza e quarta elementare, quindi ancora piccoli, è possibile che la non significatività delle differenze nelle

performance nelle due condizioni sia dovuta anche alla difficoltà del compito che ha spinto i bambini ad aumentare la concentrazione durante lo svolgimento.

Anche per quanto riguarda i questionari self report di valutazione dello sforzo cognitivo non sono state riscontrate differenze significative tra i risultati della somministrazione relativa alla condizione di quiete e quella relativa alla condizione di rumore. Questo potrebbe indicare una scarsa consapevolezza da parte dei bambini della maggiore fatica che si deve fare per svolgere attività cognitive e impegnative in situazioni di rumore, ma un'altra spiegazione potrebbe essere legata all'affidabilità del questionario utilizzato. Infatti, dall'analisi dell'alpha di Cronbach è emerso che sebbene gli item nella condizione di rumore mostrino un'elevata affidabilità questo non avviene nella condizione di quiete. Questo dato può essere giustificato dal fatto che il questionario è stato concepito per la condizione di rumore e presenta item specifici per questa condizione che non si adattano adeguatamente alla condizione di quiete. La mancanza di differenze significative, dunque, potrebbe essere dovuta a questa discrepanza nell'affidabilità del questionario nelle due condizioni.

In sintesi, possiamo affermare che in questo studio è stata confermata l'ipotesi secondo cui il rumore interferisce significativamente sull'attenzione nei bambini, ma non quelle relative alle interferenze sulla memoria di lavoro e l'inibizione.

#### **4.2 Limiti e punti di forza**

Uno dei principali limiti di questo studio è certamente il numero limitato di partecipanti (55 soggetti), il quale non ci permette né la generalizzazione dei risultati né di escludere che quanto non è emerso come significativo sia in realtà dovuto al basso potere statistico.

Da un punto di vista procedurale, un limite importante da sottolineare, relativo allo svolgimento delle attività nella condizione di quiete, ha riguardato l'impossibilità di



creare una condizione effettivamente priva di qualsiasi rumore. Per fare ciò sarebbe stato necessario avere a disposizione una stanza insonorizzata.

Un altro limite, già precedentemente discusso, è legato alla registrazione degli errori nel test di reading span. All'interno dell'app, infatti, ogni minimo errore di trascrizione da parte del bambino, viene registrata come errore cosa che non accade nella correzione manuale. Dunque, essendo ritenuti meno affidabili, questi dati non sono stati considerati nelle analisi statistiche.

Anche per quanto riguarda il questionario self-report possiamo evidenziare un punto debole relativo all'affidabilità degli item nella condizione di quiete. Il questionario, infatti, ha dimostrato una buona affidabilità per la condizione di rumore, ma sarebbe necessario un ulteriore adattamento per la somministrazione nella condizione di quiete.

Un punto di forza importante in questo studio è stato sicuramente l'utilizzo di un'applicazione e quindi di un tablet per la somministrazione dei test che ha fatto sì che i bambini affrontassero i compiti con interesse ed entusiasmo.

### **4.3 Ricadute pratiche**

Il presente studio ha confermato, anche se solo in parte, quanto già emerso da studi precedenti, ovvero che il rumore ha un impatto sulle funzioni cognitive dei bambini. Questi dati sottolineano l'importanza di mettere in atto strategie che permettano di avere, all'interno delle classi, un'acustica ottimale e un isolamento dai rumori dell'ambiente esterno e dalle varie fonti di rumore provenienti dagli ambienti interni della scuola. È risaputo infatti, che l'acustica può influenzare le prestazioni e il dislocamento delle risorse cognitive che devono essere impiegate per raggiungere un soddisfacente risultato accademico (Visentin et al., 2018). Una possibile soluzione potrebbe essere progettare la costruzione di nuovi edifici scolastici in aree strategiche, isolate da possibili sorgenti di rumore come industrie, aeroporti e strade molto trafficate. Questo però non è sempre

possibile, data anche l'intensa urbanizzazione che si ha nel nostro territorio. Dunque, una valida alternativa potrebbe essere quella di investire nella progettazione di nuovi edifici scolastici con un buon isolamento acustico e nella ristrutturazione di quelli già esistenti. Interventi utili per migliorare l'insonorizzazione degli edifici possono essere: l'inserimento di pannelli fonoassorbenti che permettono di ridurre il rumore proveniente dai piani superiori dell'edificio, l'utilizzo di infissi che riducono il rumore proveniente dall'esterno e l'inserimento di alberature e siepi che possono ridurre il rumore proveniente dalle strade.

Per migliorare l'acustica all'interno delle classi invece, potrebbe essere utile intervenire sugli arredamenti presenti nelle aule e la loro posizione in quanto soprattutto in ambienti vuoti o ampi, banchi e scaffali possono avere un impatto sul riverbero del suono.

#### **4.4 Conclusioni**

Il presente progetto di tesi ha avuto l'obiettivo di valutare l'impatto del rumore sulle performance di studenti di terza e quarta elementare di una scuola primaria della provincia di Padova. La procedura si è avvalsa dell'applicazione CoEN, oltre che di altoparlanti situati all'interno delle aule per diffondere il rumore di fondo (multi-talker babble noise). Dai risultati emerge come il rumore incida in maniera più significativa sulle performance nei test di attenzione. Non possiamo però escludere che questo studio non abbia potuto evidenziare l'impatto del rumore su altre funzioni dato il limitato potere statistico del campione.

La natura precisa degli effetti del rumore sui processi cognitivi dei bambini, tuttavia, non è ancora del tutto chiara, sono sicuramente necessari ulteriori studi futuri per determinare come e perché vari tipi di rumore influiscano sulle diverse capacità cognitive. In futuro sarà necessario anche un ulteriore perfezionamento dell'app CoEN che si è dimostrata uno strumento valido nonostante alcune lacune come nel caso del reading span.

## Bibliografia

- ANPA. (2000). *Rassegna degli effetti derivanti dall'esposizione al rumore*. 84.
- ANSI. (2002). *Criteri di prestazione acustica, requisiti di progettazione e linee guida per le scuole*. <https://webstore.ansi.org/standards/asa/ansis12602002>
- Arfè, B., & Pizzocaro, E. (2016). Sentence Generation in Children with and Without Problems of Written Expression. In J. Perera, M. Aparici, E. Rosado, & N. Salas (A c. Di), *Written and Spoken Language Development across the Lifespan: Essays in Honour of Liliana Tolchinsky* (pagg. 327–344). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-21136-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-21136-7_19)
- Arfè, B., Rossi, C., & Sicoli, S. (2015). *Contributo visivo all'intelligibilità del parlato nel rumore: The Journal of the Acoustical Society of America: Vol 26, No 2*.  
[https://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/1.1907309?casa\\_token=m8W-xiR0nXcAAAAA:cYzwqBouGutzsfuM6L0nSnxUU7k5zZ1r76J4eIjiD049Y1ewCFm5\\_6dUns4yptXVvLxZhuEsPg](https://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/1.1907309?casa_token=m8W-xiR0nXcAAAAA:cYzwqBouGutzsfuM6L0nSnxUU7k5zZ1r76J4eIjiD049Y1ewCFm5_6dUns4yptXVvLxZhuEsPg)
- Ballard, J. C. (2001). Assessing Attention: Comparison of Response-Inhibition and Traditional Continuous Performance Tests. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23(3), 331–350. <https://doi.org/10.1076/jcen.23.3.331.1188>
- Barkley, R. A. (2012). *Executive Functions: What They Are, How They Work, and Why They Evolved*. Guilford Press.
- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383(9925), 1325–1332. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X)

- Belojevic, G., Evans, G. W., Paunovic, K., & Jakovljevic, B. (2012). Traffic noise and executive functioning in urban primary school children: The moderating role of gender. *Journal of Environmental Psychology, 32*(4), 337–341.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.05.005>
- Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D. H., & Team, W. H. O. O. and E. H. (1999). *Guidelines for community noise*. World Health Organization.  
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>
- Bess, F. H., & Hornsby, B. W. Y. (2014). Commentary: Listening Can Be Exhausting—Fatigue in Children and Adults With Hearing Loss. *Ear and Hearing, 35*(6), 592–599.  
<https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000099>
- Biasi, V., Vincenzo, C. D., & Patrizi, N. (2017). Relazioni tra autoregolazione dell'apprendimento, motivazioni e successo accademico degli studenti. Identificazione di fattori predittivi del rischio di drop-out. *ITALIAN JOURNAL OF EDUCATIONAL RESEARCH, 18*, 181–198.
- BOVO, R., LOVO, E., ASTOLFI, L., MONTINO, S., FRANHELLA, S., GALLO, S., PRODI, N., BORSETTO, D., & TREVISI, P. (2018). Speech perception in noise by young sequential bilingual children. *Acta Otorhinolaryngologica Italica, 38*(6), 536–543. <https://doi.org/10.14639/0392-100X-1846>
- Bowers, Husingh, & LoGiudice. (2006). *LCT2 Listening Comprehension Test 2*.  
<https://www.proedinc.com/Products/34060/lct2-listening-comprehension-test-2.aspx>
- Caviola, S., Gerotto, G., & Mammarella, I. C. (2016). Computer-based training for improving mental calculation in third- and fifth-graders. *Acta Psychologica, 171*, 118–127.  
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2016.10.005>

- Caviola, S., Mammarella, I. C., Lucangeli, D., & Cornoldi, C. (2014). Working memory and domain-specific precursors predicting success in learning written subtraction problems. *Learning and Individual Differences, 36*, 92–100.  
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2014.10.010>
- Caviola, S., Visentin, C., Borella, E., Mammarella, I., & Prodi, N. (2021). Out of the noise: Effects of sound environment on maths performance in middle-school students. *Journal of Environmental Psychology, 73*, 101552. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101552>
- Clark, C., Martin, R., van Kempen, E., Alfred, T., Head, J., Davies, H. W., Haines, M. M., Barrio, I. L., Matheson, M., & Stansfeld, S. A. (2006). Exposure-Effect Relations between Aircraft and Road Traffic Noise Exposure at School and Reading Comprehension: The RANCH Project. *American Journal of Epidemiology, 163*(1), 27–37. <https://doi.org/10.1093/aje/kwj001>
- Cohen, S., Evans, G. W., Krantz, D. S., & Stokols, D. (1980). Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: Moving from the laboratory to the field. *The American Psychologist, 35*(3), 231–243. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.35.3.231>
- Cohen, S., Glass, D. C., & Singer, J. E. (1973). Apartment noise, auditory discrimination, and reading ability in children. *Journal of Experimental Social Psychology, 9*(5), 407–422. [https://doi.org/10.1016/S0022-1031\(73\)80005-8](https://doi.org/10.1016/S0022-1031(73)80005-8)
- Cohen, S., Krantz, D. S., Evans, G. W., Stokols, D., & Kelly, S. (1981). Aircraft noise and children: Longitudinal and cross-sectional evidence on adaptation to noise and the effectiveness of noise abatement. *Journal of Personality and Social Psychology, 40*(2), 331–345. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.40.2.331>

- Connolly, D., Dockrell, J., Shield, B., Mydlarz, C., Conetta, R., & Cox, T. (2016, settembre 5). A quasi-experimental study of the impact of classroom noise on adolescents' mathematical ability. *Proceedings of the International Congress on Acoustics. 5th – 9th September*. International Congress on Acoustics. 2016.  
<https://pure.solent.ac.uk/en/publications/a-quasi-experimental-study-of-the-impact-of-classroom-noise-on-ad>
- Cook, D. A., & Artino, A. R. (2016). Motivation to learn: An overview of contemporary theories. *Medical Education*, 50(10), 997–1014. <https://doi.org/10.1111/medu.13074>
- Cornoldi, C., & Colpo, G. (1995). *Nuove Prove MT per la scuola media inferiore*.
- Cornoldi, C., Tressoldi, P. E., & Perini, N. (s.d.). *Valutare la rapidità e la correttezza della lettura di brani: Nuove norme e alcune chiarificazioni per l'uso delle prove MT*. 12.
- Cornoldi, C., Tressoldi, P. E., & Perini, N. (2010). *Valutare la rapidità e la correttezza della lettura di brani. Nuove norme e alcune chiarificazioni per l'uso delle prove MT*. 7(1), 12.
- Cowan, R., Donlan, C., Shepherd, D.-L., Cole-Fletcher, R., Saxton, M., & Hurry, J. (2011). Basic calculation proficiency and mathematics achievement in elementary school children. *Journal of Educational Psychology*, 103(4), 786–803.  
<https://doi.org/10.1037/a0024556>
- Cristofori, I., Cohen-Zimmerman, S., & Grafman, J. (2019). Executive functions. In M. D'Esposito & J. H. Grafman (A c. Di), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 163, pagg. 197–219). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00011-2>
- Crook, M., & Langdon, F. J. (1974). *The effects of aircraft noise in schools around London airport*. [https://doi.org/10.1016/S0022-460X\(74\)80306-8](https://doi.org/10.1016/S0022-460X(74)80306-8)

- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *19*(4), 450–466.  
[https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(80\)90312-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(80)90312-6)
- Deutsch, C. P. (1964). Auditory discrimination and learning: Social factors. *Merrill-Palmer Quarterly of Behavior and Development*, *10*(3), 277–296.
- Diamond, A. (2011). Biological and social influences on cognitive control processes dependent on prefrontal cortex. In O. Braddick, J. Atkinson, & G. M. Innocenti (A c. Di), *Progress in Brain Research* (Vol. 189, pagg. 319–339). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53884-0.00032-4>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual review of psychology*, *64*, 135–168.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A. (2020). Executive functions. In A. Gallagher, C. Bulteau, D. Cohen, & J. L. Michaud (A c. Di), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 173, pagg. 225–240). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64150-2.00020-4>
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool Program Improves Cognitive Control. *Science*, *318*(5855), 1387–1388.  
<https://doi.org/10.1126/science.1151148>
- Dockrell, J. E., & Shield, B. M. (2006). Acoustical barriers in classrooms: The impact of noise on performance in the classroom. *British Educational Research Journal*, *32*(3), 509–525. <https://doi.org/10.1080/01411920600635494>
- Dowker, A. (2019). *Differenze individuali in aritmetica: Implicazioni per la psicologia, le neuroscienze e l'educazione*. <https://doi.org/10.4324/9780203324899>

- Ellermeier, W., & Zimmer, K. (2014). The psychoacoustics of the irrelevant sound effect. *Acoustical Science and Technology*, 35(1), 10–16. <https://doi.org/10.1250/ast.35.10>
- Elliott, E. M. (2002). The irrelevant-speech effect and children: Theoretical implications of developmental change. *Memory & Cognition*, 30(3), 478–487. <https://doi.org/10.3758/BF03194948>
- Elliott, E. M., & Briganti, A. M. (2012). Investigating the role of attentional resources in the irrelevant speech effect. *Acta Psychologica*, 140(1), 64–74. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2012.02.009>
- Ellis, A. W., & Young, A. W. (1996). *Neuropsicologia cognitiva umana: Un libro di testo con letture*. <https://doi.org/10.4324/9780203727041>
- Evans, G. W., Hygge, S., & Bullinger, M. (1995). Rumore cronico e stress psicologico. *Psychological Science*, 6(6), 333–338. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1995.tb00522.x>
- Evans, G. W., & Lepore, S. J. (1993). Nonauditory Effects of Noise on Children: A Critical Review. *Children's Environments*, 10(1), 31–51.
- Fernandes, R. A., Vidor, D. C. G. M., & Oliveira, A. A. de. (2019). The effect of noise on attention and performance in reading and writing tasks. *CoDAS*, 31. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182017241>
- Goldin, A., Weinstein, B. E., & Nimrod Shiman. (2020, aprile 1). How Do Medical Masks Degrade Speech Reception? *The Hearing Review*. <https://hearingreview.com/hearing-loss/health-wellness/how-do-medical-masks-degrade-speech-reception>



- Gupta, A., Gupta, A., Jain, K., & Gupta, S. (2018). Noise Pollution and Impact on Children Health. *The Indian Journal of Pediatrics*, 85(4), 300–306.  
<https://doi.org/10.1007/s12098-017-2579-7>
- Hambrick-Dixon, P. J. (1988). The effect of elevated subway train noise over time on black children's visual vigilance performance. *Journal of Environmental Psychology*, 8(4), 299–314. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(88\)80036-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(88)80036-7)
- Heft, H. (1988). AFFORDANCES OF CHILDREN'S ENVIRONMENTS: A FUNCTIONAL APPROACH TO ENVIRONMENTAL DESCRIPTION. *Children's Environments Quarterly*, 5(3), 29–37.
- Héту, R., Truchon-Gagnon, C., & Bilodeau, S. A. (1990). Problems of noise in school settings: A review of literature and the results of an exploratory study. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 14(3), 31–39.
- Hughes, R. W. (2014). Auditory distraction: A duplex-mechanism account. *PsyCh Journal*, 3(1), 30–41. <https://doi.org/10.1002/pchj.44>
- Hughes, R. W., Hurlstone, M. J., Marsh, J. E., Vachon, F., & Jones, D. M. (2013). Cognitive control of auditory distraction: Impact of task difficulty, foreknowledge, and working memory capacity supports duplex-mechanism account. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 39(2), 539–553.  
<https://doi.org/10.1037/a0029064>
- Hygge, S., Boman, E., & Enmarker, I. (2003). The effects of road traffic noise and meaningful irrelevant speech on different memory systems. *Scandinavian Journal of Psychology*, 44(1), 13–21. <https://doi.org/10.1111/1467-9450.00316>

Johansson, C. R. (1983). Effects of low intensity, continuous and intermittent noise on mental performance and writing pressure of children with different intelligence and personality characteristics. *Ergonomics*, 26(3), 275–288.

<https://doi.org/10.1080/00140138308963341>

Jue, G. M., Shumaker, S. A., & Evans, G. W. (1984). Community opinion concerning airport noise-abatement alternatives. *Journal of Environmental Psychology*, 4(4), 337–345.

[https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(84\)80004-3](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(84)80004-3)

Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*.

Kamal, M., El-Rahman, R. A., & Tawfiq, S. (2010). *Evaluation of Noise Levels affecting Schools in Cairo—Egypt*. 10.

Karsdorf, G., & Klappach, H. (1968). Effects of traffic noise on health and achievement of high school students of a large city. *Zeitschrift fur die gesamte Hygiene und ihre Grenzgebiete*, 14(1), 52–54.

Kassinove, H. (1972). Effects of meaningful auditory stimulation on children's scholastic performance. *Journal of Educational Psychology*, 63(6), 526–530.

<https://doi.org/10.1037/h0033747>

Kawada, T. (2004). The Effect of Noise on the Health of Children. *Journal of Nippon Medical School*, 71(1), 5–10. <https://doi.org/10.1272/jnms.71.5>

Kintsch. (1988). *The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model*. - *PsycNET*. <https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2F0033-295X.95.2.163>

- Klatte, M., Bergstroem, K., & Lachmann, T. (2013). Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. *Frontiers in Psychology, 4*.  
<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2013.00578>
- Klatte, M., Lachmann, T., & Meis, M. (2010). Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in a classroom-like setting. *Noise and Health, 12*(49), 270. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.70506>
- Knowland, V. C. P., Evans, S., Snell, C., & Rosen, S. (2016). Visual Speech Perception in Children With Language Learning Impairments. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 59*(1), 1–14. [https://doi.org/10.1044/2015\\_JSLHR-S-14-0269](https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-S-14-0269)
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2012). *NEPSY-II – Second edition*. 12.
- Lim, J., Kweon, K., Kim, H.-W., Cho, S. W., Park, J., & Sim, C. S. (2018). Negative Impact of Noise and Noise Sensitivity on Mental Health in Childhood. *Noise & Health, 20*(96), 199–211. [https://doi.org/10.4103/nah.NAH\\_9\\_18](https://doi.org/10.4103/nah.NAH_9_18)
- Ljung, R., Sorqvist, P., & Hygge, S. (2009). Effects of road traffic noise and irrelevant speech on children's reading and mathematical performance. *Noise and Health, 11*(45), 194.  
<https://doi.org/10.4103/1463-1741.56212>
- Mariani, L. (2012). La motivazione negli apprendimenti linguistici: Approcci teorici e implicazioni pedagogiche. *Italiano LinguaDue, 4*(1), 1–19.  
<https://doi.org/10.13130/2037-3597/2267>
- Markopoulos, P., & Bekker, M. (2003). On the assessment of usability testing methods for children. *Interacting with Computers, 15*(2), 227–243. [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(03\)00009-2](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(03)00009-2)

- Martin, R. C., Wogalter, M. S., & Forlano, J. G. (1988). Reading comprehension in the presence of unattended speech and music. *Journal of Memory and Language*, 27(4), 382–398. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(88\)90063-0](https://doi.org/10.1016/0749-596X(88)90063-0)
- Marzocchi, G. M., & Valagussa, S. (2011). *Le funzioni esecutive in età evolutiva Modelli neuropsicologici, strumenti diagnostici, interventi riabilitativi—FrancoAngeli*. [https://www.francoangeli.it/Ricerca/scheda\\_Libro.aspx?codiceISBN=9788856840025](https://www.francoangeli.it/Ricerca/scheda_Libro.aspx?codiceISBN=9788856840025)
- Mcgurk, H., & Macdonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264(5588), 746–748. <https://doi.org/10.1038/264746a0>
- Meinhardt-Injac, B., Schlittmeier, S., Klatte, M., Otto, A., Persike, M., & Imhof, M. (2015). Auditory Distraction by Meaningless Irrelevant Speech: A Developmental Study. *Applied Cognitive Psychology*, 29(2), 217–225. <https://doi.org/10.1002/acp.3098>
- Mesaros, A., Heittola, T., & Virtanen, T. (2016). TUT database for acoustic scene classification and sound event detection. *2016 24th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, 1128–1132. <https://doi.org/10.1109/EUSIPCO.2016.7760424>
- Miller, W. R., & Seligman, M. E. (1975). Depression and learned helplessness in man. *Journal of Abnormal Psychology*, 84(3), 228–238. <https://doi.org/10.1037/h0076720>
- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H. L., Houts, R., Poulton, R., Roberts, B. W., Ross, S., Sears, M. R., Thomson, W. M., & Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 2693–2698. <https://doi.org/10.1073/pnas.1010076108>

- Mourão, C. A. J., & Melo, L. B. R. (2011). Integração de três conceitos: Função executiva, memória de trabalho e aprendizado. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 27, 309–314.  
<https://doi.org/10.1590/S0102-37722011000300006>
- Nadalin, J., Astofi, A., Bottalico, P., Riva, G., Garzaro, M., Raimondo, L., & Giordano, C. (2011). *Effetto del rumore e della riverberazione sullo sforzo vocale degli insegnanti di scuola primaria*. 4.
- Orsini, A., & Pezzuti, L. (2012). *WISC-IV : Wechsler intelligence scale for children / David Wechsler ; adattamento italiano*. <https://oseegenius1.urbe.it/aux/resource?uri=166274>
- Osman, H., & Sullivan, R. J. (2014). *Children's Auditory Working Memory Performance in Degraded Listening Conditions | Journal of Speech, Language, and Hearing Research*.  
[https://pubs.asha.org/doi/full/10.1044/2014\\_JSLHR-H-13-0286?casa\\_token=bRFLplRlmBwAAAAA%3AqSL3VQ9cyA0bWSeD\\_4\\_PeUwMaOzepwzt09\\_vaVjXPRj0RSL-bITa\\_ZGEGurke7-ZuZ0Ve\\_y\\_vERc](https://pubs.asha.org/doi/full/10.1044/2014_JSLHR-H-13-0286?casa_token=bRFLplRlmBwAAAAA%3AqSL3VQ9cyA0bWSeD_4_PeUwMaOzepwzt09_vaVjXPRj0RSL-bITa_ZGEGurke7-ZuZ0Ve_y_vERc)
- Oswald, C. J. P., Tremblay, S., & Jones, D. M. (2000). Disruption of comprehension by the meaning of irrelevant sound. *Memory*, 8(5), 345–350.  
<https://doi.org/10.1080/09658210050117762>
- Oxenham, A. J. (2018). How We Hear: The Perception and Neural Coding of Sound. *Annual review of psychology*, 69, 27–50. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122216-011635>
- Papanikolaou, M., Skenteris, N., & Piperakis, S. M. (2015). Effect of external classroom noise on schoolchildren's reading and mathematics performance: Correlation of noise levels and gender. *International Journal of Adolescent Medicine and Health*, 27(1), 25–29.  
<https://doi.org/10.1515/ijamh-2014-0006>

- Passchier, -Vermeer W., & Passchier, W. F. (2000). Noise exposure and public health. *Environmental Health Perspectives*, 108(suppl 1), 123–131.  
<https://doi.org/10.1289/ehp.00108s1123>
- Passolunghi, M. C., Mammarella, I. C., & Altoè, G. (2008). Cognitive Abilities as Precursors of the Early Acquisition of Mathematical Skills During First Through Second Grades. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 229–250.  
<https://doi.org/10.1080/87565640801982320>
- Paunović, K., Stansfeld, S., Clark, C., & Belojević, G. (2011). Epidemiological studies on noise and blood pressure in children: Observations and suggestions. *Environment International*, 37(5), 1030–1041. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.03.017>
- Picone, L., Pezzuti, L., & Francesca, R. (2017). *Teorie e tecniche dei test. Uso e interpretazione*.  
[http://www.carocci.it/index.php?option=com\\_carocci&task=schedalibro&Itemid=72&isbn=9788843085613](http://www.carocci.it/index.php?option=com_carocci&task=schedalibro&Itemid=72&isbn=9788843085613)
- Read, J., MacFarlane, S., & Casey, C. (2009). Endurability, Engagement and Expectations: Measuring Children’s Fun. *Interaction Design and Children*.
- Rosen, S., & Olin, P. (1965). Hearing Loss and Coronary Heart Disease. *Archives of Otolaryngology*, 82(3), 236–243.  
<https://doi.org/10.1001/archotol.1965.00760010238004>
- Rowell, S. (2001). *Classroom Acoustics—Recommended standards*. BATOD.  
<https://www.batod.org.uk/information/classroom-acoustics-recommended-standards/>

Salles, J. F. de, & Parente, M. A. de M. P. (2007). Avaliação da leitura e escrita de palavras em crianças de 2ª série: Abordagem neuropsicológica cognitiva. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 20, 220–228. <https://doi.org/10.1590/S0102-79722007000200007>

Sandie Keerstock, Kirsten Meemann, Sarah M. Riscatto, & Rajka Smiljanic. (2020). *Effetti delle maschere per il viso e stile di parlare sulla percezione e memoria del parlato audiovisivo: The Journal of the Acoustical Society of America: Vol 148, No 4*. <https://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/1.5147635>

Shield, B., & Dockrell, J. E. (2004). External and internal noise surveys of London primary schools. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115(2), 730–738. <https://doi.org/10.1121/1.1635837>

Shield, B. M., & Dockrell, J. E. (2003). *The Effects of Noise on Children at School: A Review*. [https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1260/135101003768965960?casa\\_token=zzFF6njv1QkAAAAA:Qsi49dbRpm74XyKjin0XgsXvmV4l-1sKtsN-GYTSqQ9R-NmyLKsUCm9pb73ePU82rpbEPAx-sYY](https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1260/135101003768965960?casa_token=zzFF6njv1QkAAAAA:Qsi49dbRpm74XyKjin0XgsXvmV4l-1sKtsN-GYTSqQ9R-NmyLKsUCm9pb73ePU82rpbEPAx-sYY)

Shield, B. M., & Dockrell, J. E. (2008). The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(1), 133–144. <https://doi.org/10.1121/1.2812596>

Siegel, L. S., & Ryan, E. B. (1989). The Development of Working Memory in Normally Achieving and Subtypes of Learning Disabled Children. *Child Development*, 60(4), 973–980. <https://doi.org/10.2307/1131037>

Sim, G., MacFarlane, S., & Read, J. (2006). All work and no play: Measuring fun, usability, and learning in software for children. *Computers & Education*, 46(3), 235–248. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.021>

Sörqvist, P., & Marsh, J. E. (2015). Come la concentrazione protegge dalla distrazione. *Current Directions in Psychological Science*, 24(4), 267–272.

<https://doi.org/10.1177/0963721415577356>

Stansfeld, S., Haines, M., Head, J., Berry, B., Jiggins, M., Brentnall, S., & Roberts, R. (2000). *Aircraft noise at school and child performance and health. Initial results from the west London school study*. 4. <https://trid.trb.org/view/676755>

Stephen Stansfeld & Charlotte Clark. (2015). Health Effects of Noise Exposure in Children. *Current Environmental Health Reports*, 2(2), 171–178. <https://doi.org/10.1007/s40572-015-0044-1>

Sullivan, R. J., Hosman, O., & Schafer C., E. (2015). *The Effect of Noise on the Relationship Between Auditory Working Memory and Comprehension in School-Age Children | Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. [https://pubs.asha.org/doi/full/10.1044/2015\\_JSLHR-H-14-0204?casa\\_token=X\\_WE79ZUIfMAAAAA%3AX44y1MNh0QfpriQ8SAEzicBrlViDTgo3J0o5R3AsAmEq5lz52GoKcoYVcMOn-VvDjJuc52ZU2qol](https://pubs.asha.org/doi/full/10.1044/2015_JSLHR-H-14-0204?casa_token=X_WE79ZUIfMAAAAA%3AX44y1MNh0QfpriQ8SAEzicBrlViDTgo3J0o5R3AsAmEq5lz52GoKcoYVcMOn-VvDjJuc52ZU2qol)

Sumby, W., & Pollack, I. (1954). *Visual Contribution to Speech Intelligibility in Noise*: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.1907309>

Szalma, J. L., & Hancock, P. A. (2011). *Noise effects on human performance: A meta-analytic synthesis*. - *PsycNET*. <https://content.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2Fa0023987>

Teinonen, T., Aslin, R. N., Alku, P., & Csibra, G. (2008). Visual speech contributes to phonetic learning in 6-month-old infants. *Cognition*, 108(3), 850–855. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.05.009>



- Tressoldi, P. E., Stella, G., & Faggella, M. (2001). Lo sviluppo della velocità di lettura negli italiani con dislessia: Uno studio longitudinale. *Journal of Learning Disabilities, 34*(5), 414–417. <https://doi.org/10.1177/002221940103400503>
- Visentin, C., Prodi, N., Cappelletti, F., Torresin, S., & Gasparella, A. (2018). Using listening effort assessment in the acoustical design of rooms for speech. *Building and Environment, 136*, 38–53. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.020>
- Wachs, T. D. (1987). Specificity of environmental action as manifest in environmental correlates of infant's mastery motivation. *Developmental Psychology, 23*(6), 782–790. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.23.6.782>
- Wightman, F. L., Callahan, M. R., Lutfi, R. A., Kistler, D. J., & Oh, E. (2003). Children's detection of pure-tone signals: Informational masking with contralateral maskers. *The Journal of the Acoustical Society of America, 113*(6), 3297–3305. <https://doi.org/10.1121/1.1570443>
- Wightman, F. L., Kistler, D. J., & O'Bryan, A. (2010). Individual differences and age effects in a dichotic informational masking paradigm. *The Journal of the Acoustical Society of America, 128*(1), 270–279. <https://doi.org/10.1121/1.3436536>
- Yang, W., & Bradley, J. S. (2009). Effects of room acoustics on the intelligibility of speech in classrooms for young children. *The Journal of the Acoustical Society of America, 125*(2), 922–933. <https://doi.org/10.1121/1.3058900>
- Yi, H., Pingsterhaus, A., & Song, W. (2021). Effects of Wearing Face Masks While Using Different Speaking Styles in Noise on Speech Intelligibility During the COVID-19 Pandemic. *Frontiers in Psychology, 12*, 682677. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.682677>

