

The concept of Pedagogical Content Knowledge in light of a neuroeducational perspective in initial teacher education

Il costrutto della Pedagogical Content Knowledge alla luce di una prospettiva neuroeducativa nella formazione iniziale dei docenti

Martina Albanese

University of Palermo, Palermo (Italy)

Elisabetta Fiorello

University of Palermo, Palermo (Italy)

OPEN  ACCESS

Double blind peer review

Citation: Albanese, M., & Fiorello, E. (2025). The concept of Pedagogical Content Knowledge in light of a neuroeducational perspective in initial teacher education. *Italian Journal of Educational Research*, S.I., 19-29.
<https://doi.org/10.7346/sird-1S2025-p19>

Copyright: © 2025 Author(s). This is an open access, peer-reviewed article published by Pensa Multimedia and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited. IJEdR is the official journal of Italian Society of Educational Research (www.sird.it).

Received: September 29, 2025

Accepted: December 5, 2025

Published: December 20, 2025

Pensa MultiMedia / ISSN 2038-9744
<https://doi10.7346/sird-1S2025-p19>

Abstract

The construct of Pedagogical Content Knowledge (PCK), introduced by Lee Shulman in 1986, defines a distinctive form of professional knowledge that integrates disciplinary understanding with pedagogical expertise. It constitutes the theoretical core of the *signature pedagogy* of teaching—that is, the specific mode through which teacher professionalism is expressed and enacted in educational practice. In recent years, a new line of research has emerged aimed at exploring the intersection between the PCK construct and the principles of educational neuroscience, with the goal of deepening our understanding of the cognitive and functional foundations underlying teacher professional development (Cui & Zhang, 2021; Uden & Sulaiman, 2025). However, this body of work has yet to systematically address the specific relationships between the individual dimensions of PCK and the neurocognitive processes involved, nor does it provide actionable guidance for translating these principles into concrete strategies for initial teacher education. Building on these premises, the present contribution seeks to pursue a twofold objective: first, to provide a theoretical mapping of the neural networks and cognitive functions associated with the four dimensions of PCK identified by Magnusson and colleagues (1999)—namely, knowledge of curricula, knowledge of students' understanding, knowledge of instructional strategies, and knowledge of assessment; and second, to identify the core professional competencies which, in alignment with these dimensions and their underlying cognitive mechanisms, are essential for the initial training of teachers.

Keywords: PCK; signature pedagogy; pre-service teacher training; educational neuroscience.

Riassunto

Il costrutto di **Pedagogical Content Knowledge** (PCK), introdotto da Lee Shulman nel 1986, definisce una forma distintiva di conoscenza professionale capace di integrare le conoscenze disciplinare a quelle pedagogiche, nucleo teorico della **signature pedagogy** dell'insegnamento, ossia di sviluppare una modalità specifica con cui la professionalità docente si esprime e opera nella pratica educativa. In anni recenti, si è aperto un nuovo filone di ricerca volto a esplorare l'intersezione tra il costrutto della PCK e i principi sanciti dall'**educational neuroscience**, con l'obiettivo di approfondire le basi cognitive e funzionali sottese allo sviluppo della professionalità docente (Cui & Zhang, 2021; Uden & Sulaiman, 2025); pur tuttavia esse non affrontano in modo sistematico le specifiche relazioni tra le singole dimensioni della PCK e i processi neurocognitivi coinvolti, né forniscono istruzioni che consentano di tradurre tali principi in indicazioni concrete per la formazione iniziale degli insegnanti. Sulla scorta di queste premesse, il presente contributo si propone di perseguire un duplice obiettivo: da un lato, delineare una mappatura teorica dei **network** neuronali e delle funzioni cognitive associate alle quattro dimensioni della PCK individuate da Magnusson e colleghi (1999) (**knowledge of curricula**, **knowledge of students' understanding**, **knowledge of instructional strategies** e **knowledge of assessment**); dall'altro, individuare le competenze professionali che, in coerenza con tali dimensioni e con i meccanismi cognitivi sottostanti, risultano centrali per la formazione iniziale degli insegnanti.

Parole chiave: PCK; signature pedagogy; formazione iniziale docenti; neuroeducazione.

Credit author statement

Il presente lavoro rappresenta il frutto del lavoro congiunto delle due autrici; tuttavia, Martina Albanese è autrice dei paragrafi 1, 3.1 ed Elisabetta Fiorello è autrice dei paragrafi 2, 2.1, 3 e delle conclusioni.

1. La formazione iniziale dei docenti

La formazione iniziale dei docenti implica un'opera complessa di apprendimento/insegnamento basata sull'acquisizione di diverse competenze interdipendenti e complementari. Come esplicita Baldacci (2023), infatti, la professionalità da sviluppare legata al mestiere dell'insegnante richiede competenze culturali, didattiche, relazionali, organizzative che esulano dalla semplicistica e anacronistica trasmissione delle conoscenze. Questa consapevolezza è ben esplicita anche nei riferimenti normativi nazionali che trattano il tema, come, ad esempio, la Legge 79/2022¹ che nel predisporre le modalità della formazione iniziale degli aspiranti docenti di posto comune e/o docenti tecnico-pratici, delinea il quadro generale delle competenze da far acquisire e successivamente valutare rispetto al percorso di formazione iniziale, selezione e prova²: «[a] le competenze culturali, disciplinari, pedagogiche, psicopedagogiche, didattiche e metodologiche, specie quelle dell'inclusione e della partecipazione degli studenti, [...]; [b] le competenze proprie della professione di docente, in particolare pedagogiche, psicopedagogiche, relazionali, orientative, valutative, organizzative, didattiche e tecnologiche, integrate in modo equilibrato con i saperi disciplinari nonché con le competenze giuridiche, in specie relative alla legislazione scolastica; [c] la capacità di progettare, [...] percorsi didattici flessibili e adeguati alle capacità e ai talenti degli studenti da promuovere nel contesto scolastico, in sinergia con il territorio e la comunità educante, [...]; [d] la capacità di svolgere con consapevolezza i compiti connessi con la funzione di docente e con l'organizzazione scolastica e la deontologia professionale».

Come sottolineato da diversi studiosi, il processo di formazione iniziale dei docenti, pur puntando ad una formazione olistica e complessa, rimane costellato da criticità strutturali che, se non adeguatamente analizzate e superate, possono cristallizzarsi nel sistema scolastico, ostacolando il raggiungimento di standard qualitativi elevati nella preparazione professionale iniziale degli insegnanti.

Tra i contributi più significativi nel dibattito sulla formazione iniziale dei docenti, si distingue l'analisi proposta da Baldacci (2023), che individua una serie di questioni strutturali e pedagogiche di rilevanza strategica:

- la necessità di estendere la durata temporale dei percorsi formativi, superando modelli intensivi e riduttivi incompatibili con lo sviluppo delle competenze professionali.
- Il superamento di approcci didattici fondati su conoscenze astratte e decontestualizzate che si rivelano inadeguate rispetto alla necessità di garantire la trasferibilità della conoscenza.
- L'urgenza di strutturare un curricolo integrato (che valorizzi, ad esempio, l'interazione tra dimensione laboratoriale e attività di tirocinio).
- L'importanza di sviluppare una competenza metacognitiva trasversale e sovraordinata, «imparare ad apprendere dalla propria esperienza in maniera intelligente».
- L'integrazione tra la formazione tecnico-didattica e una flessibile consapevolezza storico-culturale, affinché il docente possa non solo gestire i processi educativi, ma anche orientarli in modo critico e responsabile.
- La definizione esplicita dell'idea di insegnante da formare, sganciando l'obiettivo formativo da una logica meramente burocratica e quantitativa legata all'acquisizione dei crediti formativi universitari (CFU), per privilegiare un impianto formativo orientato alla qualità e alla riflessività professionale.

A questi nodi critici si affiancano ulteriori riflessioni proposte da Bertagna (2020), che evidenzia altre condizioni strutturali imprescindibili per una riforma autentica e sostenibile della formazione iniziale del docente:

1 Legge 29 giugno 2022, n. 79. Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 aprile 2022, n. 36, recante ulteriori misure urgenti per l'attuazione del Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) (22G00091). Gazzetta Ufficiale Serie Generale, 2022 (150). Consultabile al sito web: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2022/06/29/22G00091/sg>. Risulta interessante il confronto tra tre testi legislativi riferibili al 2017, e due del 2022 fatto da Capobianco (2025, 464) in cui si evince il cambio di prospettiva operato negli ultimi 5 anni rispetto al quadro delle competenze del docente.

2 Su una efficace sintesi delle modalità di formazione iniziale che si sono avvicendate in Italia si rimanda a Capobianco (2025).

- l'urgente superamento della logica del precariato.
- La necessità di una reale decentralizzazione nella gestione delle istituzioni scolastiche, promuovendo con decisione l'autonomia organizzativa e didattica delle scuole, senza reticenze né approcci paternalistici.
- L'introduzione di modalità di reclutamento più aderenti ai bisogni reali dei contesti educativi, attraverso concorsi promossi da reti di scuole, capaci di valorizzare i profili, le competenze e le funzioni di cui si ha necessità.
- Il superamento dell'impianto organizzativo ereditato da modelli storici obsoleti – di tipo militare (Ottocento) e fordista (Novecento) – ancora presenti nella struttura scolastica attuale, in favore di assetti più coerenti con i paradigmi educativi contemporanei.

Nel fronteggiare tali criticità le università potrebbero avere un ruolo fondamentale; esse in collaborazione con le società scientifico-disciplinari, il mondo della scuola, nonché con le associazioni professionali e in linea con le esigenze territoriali possono sviluppare un'offerta formativa efficace e professionalizzante, sotto la guida delle epistemologie disciplinari e dai diversi contributi (antropologici, psicologici, pedagogici di metodologia didattica, oltre che di tecnologie dell'istruzione) (Striano, 2022).

L'orizzonte di senso che si assume in questo contributo, perseguiendo il fine di portare avanti una proposta per la pianificazione della formazione iniziale dei docenti, è quello della Signature Pedagogy (Shulman, 2005).

2. Il costrutto della Pedagogical Content Knowledge (PCK)

Nel rilevare le criticità del sistema di formazione degli insegnanti, in particolare nella fase *pre-service*, consolidatesi nel contesto statunitense alla fine del secolo scorso, Lee Shulman, in occasione di un discorso tenuto al *meeting* annuale dell'*American Educational Research Association* nel 1985, introduce per la prima volta il costrutto di *Pedagogical Content Knowledge* (PCK). Nel suo intervento egli muove una critica ai modelli tradizionali di formazione professionale dei docenti, evidenziando una persistente dicotomia tra la *content knowledge* e la *pedagogical knowledge*. Shulman osserva che i modelli formativi antecedenti agli anni Ottanta privilegiassero quasi esclusivamente la padronanza disciplinare, trascurando le competenze didattiche. Diversamente, i contemporanei approcci alla formazione professionale del docente sembrano attribuire rilievo ad aspetti procedurali e comportamentali dell'insegnamento, ignorando però la dimensione della conoscenza contenutistica e disciplinare. Per colmare questa lacuna, da lui definita *missing paradigm* (Shulman, 1986, p. 6), l'autore elabora un nuovo impianto teorico centrato sulla nozione di *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), concepita come una forma distintiva di conoscenza professionale a cui il docente deve tendere per garantire, nel proprio agire didattico, la trasformazione del sapere disciplinare in forme di insegnamento accessibili agli studenti. In tal senso, la PCK può essere considerata come il nucleo strutturale della *signature pedagogy* della professione docente poiché incarna la modalità peculiare attraverso cui l'insegnante traduce il sapere, integrando la dimensione contenutistica e quella pedagogica. Secondo Shulman (2005), infatti, ogni professione si caratterizza per una pedagogia "distintiva" (*signature pedagogy*) che riflette su tre livelli (superficiale, profondo e implicito) le modalità attraverso cui si insegna, si apprende e si interiorizza una cultura professionale.

Nel suo contributo del 1986, Shulman individua tre categorie fondamentali di conoscenza enucleate nel costrutto della PCK: la *subject-matter content knowledge* (relativa alla padronanza disciplinare), la *subject-matter pedagogical knowledge* (intesa come la capacità di rendere il contenuto trasferibile) e la *curricular knowledge* (riferita alla conoscenza dei materiali e dei programmi utilizzati nella pratica didattica) (Shulman, 1986b, p. 13). Tuttavia, nel saggio successivo del 1987, l'autore raffina questa classificazione proponendo una nuova tassonomia articolata in sette dimensioni. Le nuove componenti identificate includono: (1) la *content knowledge*, (2) la *general pedagogical knowledge*, riferita ai principi e alle strategie generali di gestione della classe, (3) la *curriculum knowledge*, (4) la *pedagogical content knowledge*, intesa come l'integrazione tra conoscenze disciplinari e competenze didattiche, (5) la *knowledge of learners and their characteristics*, (6) la *knowledge of educational contexts* e (7) la *knowledge of educational ends, purposes, and values*, comprensiva dei principi storici e filosofici dell'educazione (Shulman, 1987, p. 8). Negli anni successivi al-

l'elaborazione originaria di Shulman, il costrutto della PCK ha suscitato un interesse crescente all'interno della comunità scientifica, affermandosi come uno degli assi teorici portanti negli studi sulla formazione professionale degli insegnanti.

Diversi modelli hanno approfondito ulteriormente la struttura della PCK, mantenendone il nucleo concettuale ma ampliandone le dimensioni. In particolare, i modelli proposti da Grossman (1990) e da Magnusson, Krajcik e Borko (1999) si collocano in continuità con l'approccio shulmaniano, ma introducono elementi concettuali innovativi. Entrambe le proposte affidano, infatti, un ruolo centrale alla nozione di (*orientations*), intesi come le concezioni generali e implicite che gli insegnanti sviluppano in merito all'insegnamento di una specifica disciplina, incluse le finalità educative che i docenti attribuiscono alla propria azione formativa, in grado di incidere sulle loro scelte didattiche, metodologiche e valutative. In particolare, nel suo modello, Grossman (1990) amplia la dimensione della *curricular knowledge*, distinguendo tra una conoscenza curricolare "verticale", relativa alla progressione dei contenuti nel tempo e una "orizzontale" riferita alla consapevolezza dei materiali e degli obiettivi impiegati in discipline o livelli paralleli. Al contempo, l'impianto teorico proposto da Magnusson, Krajcik e Borko (1999), elaborato specificamente per il contesto dell'insegnamento delle scienze, riprende e sviluppa le intuizioni di Grossman, organizzandole in una struttura più articolata. Oltre a confermare il ruolo centrale degli orientamenti didattici nella configurazione della PCK, gli autori integrano nella loro tassonomia la *knowledge of assessment*, ovvero la conoscenza dei metodi, degli strumenti e dei criteri valutativi finalizzati al monitoraggio e al sostegno dei processi di apprendimento. Tale componente anticipa i principi che saranno successivamente formalizzati nell'approccio dell'*assessment for learning* (Black et al., 2003), evidenziando la funzione formativa della valutazione all'interno dell'azione didattica. L'inclusione della dimensione docimologica nel quadro delle conoscenze professionali dell'insegnante rappresenta un passaggio significativo poiché riconosce la valutazione non solo come atto certificativo, ma come strumento imprescindibile nel processo di progettazione e adattamento dell'insegnamento.

2.1 La PCK nella prospettiva delle neuroscienze educative

In tempi recentissimi, sulla spinta dell'affermazione di quell'ambito di ricerca nato dall'incontro tra i saperi pedagogici e le neuroscienze cognitive noto come *educational neuroscience*, è fiorito un crescente *corpus* di studi volto a esplorare le possibili convergenze teoriche tra il costrutto della PCK e i principi neuroscientifici che descrivono i meccanismi di funzionamento del cervello che insegna e apprende (Uden, 2025; Cui & Zhang, 2021). La premessa concettuale sottesa a tale orientamento risiede nell'idea che la professionalità docente non debba esaurirsi nell'integrazione tra conoscenza disciplinare e competenze pedagogiche, ma debba essere ulteriormente arricchita da una comprensione scientificamente fondata dei meccanismi cognitivi e neurobiologici che regolano i processi di apprendimento. In tale prospettiva, uno dei contributi più rilevanti è rappresentato dal modello proposto da Cui et al. (2023, p. 5) il quale suggerisce che i principi dell'*educational neuroscience* – concernenti aspetti quali attenzione, memoria, motivazione, regolazione emotiva e plasticità cerebrale – possano fungere da risorsa utile ad approfondire e ampliare la riflessione sulla professionalità docente, offrendo nuove chiavi interpretative per la comprensione dell'agire educativo in una prospettiva neuro-orientata. Lo schema presentato dagli autori mira, infatti, a delineare una cornice ermeneutica entro cui mettere in dialogo le dimensioni fondative della PCK con alcune delle principali assunzioni della *educational neuroscience*, delineando un orientamento teorico che auspica una più profonda integrazione tra i due ambiti sul piano della ricerca e della formazione. Tuttavia, nonostante la portata innovativa della proposta, il modello non esplicita le modalità attraverso cui i principi neuro-educativi possano essere effettivamente applicati all'analisi del funzionamento cognitivo dell'insegnante in relazione alle diverse componenti della PCK, lasciando aperto un importante spazio di riflessione, per altro non indagato da altri studi nell'ambito della letteratura scientifica di riferimento.

3. Funzioni cognitive e *network* neurali sottostanti alle dimensioni della PCK

Sulla base delle premesse delineate nel paragrafo precedente che hanno messo in luce il crescente interesse per l'intersezione tra i presupposti teorici delle neuroscienze educative e il costrutto della PCK e, considerata la carenza nel panorama di ricerca contemporaneo di modelli in grado di tradurre operativamente tale nesso, il presente contributo intende delineare, a partire dall'impostazione teorica di Magnusson e colleghi (1999) – assunta come riferimento in virtù della sua capacità di includere anche la dimensione docimologica della *knowledge of assessment* – una possibile mappatura dei domini e delle funzioni cognitive attivati nei diversi momenti dell'agire pedagogico dell'insegnante corrispondenti alle dimensioni costitutive della PCK. Tale ricostruzione, volta quindi a mettere in relazione ciascuna delle quattro dimensioni della PCK individuate da Magnusson e colleghi (1999) (la *knowledge of curricula*, la *knowledge of students' understanding*, la *knowledge of instructional strategies* e la *knowledge of assessment*) con specifiche funzioni cognitive e *network* cerebrali attivati nel docente durante il processo di insegnamento, mira, in ultima analisi, a individuare, a partire dalle funzioni cognitive isolate come costitutive di ogni dimensione della PCK, le competenze professionali che l'insegnante dovrebbe consolidare in una prospettiva neuro-educativa. Si precisa, tuttavia, che il modello proposto si fonda su un orientamento ormai ampiamente condiviso nell'ambito delle neuroscienze cognitive contemporanee secondo cui le funzioni cognitive non sarebbero il risultato dell'attivazione di regioni cerebrali isolate, ma emergerebbero piuttosto dall'interazione di *network* neurali distribuiti. In quest'ottica, l'intento non è quello di tracciare corrispondenze univoche o deterministiche tra specifiche aree cerebrali e le componenti della PCK, bensì di identificare, per ciascuna dimensione del costrutto, le funzioni cognitive primarie che ne costituiscono il fondamento operativo insieme ai *network* neurali che risultano implicati in maniera prevalente nel supportare tali funzioni. Inoltre, si evidenzia che il legame tra le dimensioni della PCK e le corrispondenti funzioni cognitive è stato costruito associando, a livello teorico e sulla base di un'accurata revisione della letteratura neuroscientifica, ciascuna funzione alle categorie neurocognitive ritenute più rappresentative per ogni componente del costrutto. A partire da tale mappatura teorica, sono stati quindi collegati a ogni funzione neurocognitiva i *network* neurali che, secondo le evidenze empiriche disponibili in letteratura e citate nel corpo del testo (cui si rimanda per eventuali approfondimenti in merito), risultano prioritariamente implicati nel loro supporto funzionale.

Seguendo questa prospettiva, la prima dimensione individuata da Magnusson e colleghi (1999), ovvero la *knowledge of curricula*, può essere ricondotta all'attivazione dei sistemi di memoria semantica. In accordo con i modelli neuroscientifici che indagano i processi di acquisizione e strutturazione delle conoscenze, tale sistema consente infatti al docente il recupero e la manipolazione di rappresentazioni concettuali astratte e dichiarative. A livello neurocognitivo, la memoria semantica è sostenuta da un ampio *network* di strutture cerebrali differenziate, tra cui il lobo temporale anteriore bilaterale, implicato nella codifica e nel recupero di concetti generali, nonché la corteccia prefrontale ventrolaterale e dorsolaterale, deputate al controllo esecutivo sui processi di accesso e selezione semantica (Ovando-Tellez *et al.*, 2022). Ciononostante, la conoscenza contenutistica si configura come una dimensione difficilmente riducibile a un singolo dominio cognitivo. Essa, infatti, implica anche la capacità di strutturare e gerarchizzare il sapere, operazione che chiama in causa funzioni di categorizzazione complesse, riconducibili a due distinte modalità organizzative: da un lato, la categorizzazione tassonomica, ovvero la classificazione di concetti e oggetti in base a somiglianze percettive, funzionali e semantiche, sostenuta dall'attivazione di regioni della corteccia frontale inferiore sinistra, temporale media e occipitale (Sachs *et al.*, 2008); dall'altro la categorizzazione tematica che consente di stabilire relazioni concettuali sulla base di legami funzionali, causali o spazio-temporali e che coinvolge prevalentemente aree della regione temporale anteriore e del circuito della memoria (Lin & Murphy, 2001).

Per ciò che attiene, invece, alla dimensione della *knowledge of students' understanding* questa componente della PCK chiama primariamente in causa i processi di mentalizzazione e di empatia che permettono al docente di rappresentarsi gli stati mentali degli studenti e di modulare di conseguenza il proprio agire didattico. Tali aspetti risultano riconducibili, sul piano neuro-funzionale, all'attivazione congiunta di due sistemi cerebrali: da un lato, la Teoria della Mente, ovvero quell'insieme di funzioni cognitive che consente di attribuire intenzioni, credenze e desideri agli altri (Baron-Cohen & Leslie, 1985); dall'altro, il sistema empatico, che consente di cogliere e condividere gli stati affettivi altrui. Questi due sistemi si basano su

network neurali parzialmente sovrapposti, che coinvolgono strutture quali la corteccia prefrontale mediale, l'insula anteriore, il giro temporale superiore e la giunzione temporo-parietale (Völlm *et al.*, 2006; Vučurović *et al.*, 2020).

Rispetto alla *knowledge of instructional strategies*, terza dimensione individuata da Magnusson e colleghi (1999), dal punto di vista delle funzioni cognitive coinvolte, questa implica la messa in campo di processi di pianificazione, di flessibilità cognitiva, di monitoraggio dell'azione e di selezione attentiva. Queste funzioni risultano sostenute, a livello neurale, dall'attivazione integrata del *sistema esecutivo centrale* e della *rete saliente*. Il sistema esecutivo centrale, localizzato principalmente nella corteccia prefrontale dorsolaterale, è coinvolto nel controllo cognitivo di alto livello, nella regolazione del comportamento intenzionale, nell'inibizione delle risposte automatiche e nella gestione della memoria di lavoro (Kim *et al.*, 2017). Il *salience network*, che comprende tra le altre aree anche l'insula anteriore e la corteccia cingolata anteriore (ACC), svolge una funzione centrale nel rilevare e selezionare gli stimoli pertinenti tra quelli disponibili nell'ambiente, permettendo così al docente di orientare l'attenzione verso le informazioni più rilevanti per l'azione didattica (Yuan *et al.*, 2012).

In ultimo, per quanto riguarda la quarta dimensione della PCK, ovvero la *knowledge of assessment*, centrata sugli aspetti docimologici dello sviluppo della professionalità docente. In questo quadro, assumono rilievo una serie di funzioni cognitive di ordine superiore che sorreggono i processi docimologici. Secondo alcune traiettorie di ricerca emerse in ambito neuroscientifico, l'atto umano del valutare sarebbe articolato in almeno tre componenti funzionali. La prima riguarda la facoltà di giudizio morale e di confronto fondata su principi etici e criteri astratti e sostenuti dall'attivazione di circuiti prefrontali mediali e di aree implicate nella cognizione sociale (Decety & Porges, 2011). La seconda concerne i giudizi di contingenza che coinvolgono meccanismi di attenzione selettiva e sistemi di rilevazione stimolo-risposta (Crump *et al.*, 2007). La terza, infine, riguarda la facoltà di giudizio metacognitivo, funzione sostenuta da strutture appartenenti al *Default Mode Network*, in particolare dalla corteccia prefrontale mediale, dal cingolo posteriore e dal precuneo (Fleming & Dolan, 2012).

3.1 Competenze del docente rispetto ai sistemi cognitivi identificati

Dopo aver individuato, seppur in linea generale e per nulla esaustiva, i principali sistemi cognitivi che sorreggono le componenti della PCK secondo l'impostazione di Magnusson e colleghi (1999), si è reso necessario individuare le competenze ad esse associate con lo scopo di individuare zone d'ombra nella formazione iniziale dei docenti. A seguire una tabella riassuntiva del lavoro svolto in tal senso e la spiegazione di ciascuna competenza.

Componente PCK	Competenza del docente	Funzioni cognitive	Correlati neurali associati ³
<i>Knowledge of curricula</i>	1. Comprendere i meccanismi della memoria semantica	Memoria semantica	Lobo temporale anteriore bilaterale, corteccia prefrontale ventrolaterale e dorsolaterale.
	2. Facilitare la categorizzazione concettuale	Facoltà di categorizzazione tassonomica	Regioni della corteccia frontale inferiore sinistra, temporale media e occipitale.
	3. Sviluppare la capacità concettuale	Facoltà di categorizzazione tematica	Regione temporale anteriore (ATL) e circuito della memoria (corteccia prefrontale, corteccia temporale inferiore e l'ippocampo).

³ Ogni informazione contenuta in questa colonna è coerente con quanto approfondito e discusso nel paragrafo 3, inclusi i riferimenti bibliografici a supporto delle argomentazioni presentate.

<i>Knowledge of students' understanding</i>	1. Conoscere le concezioni pregresse degli studenti	Teoria della mente ed empatia	Corteccia prefrontale mediale, l'insula anteriore, il giro temporale superiore e la giunzione temporo-parietale
	2. Comprendere il livello cognitivo dello/a studente/ essa		
	3. Promuovere pratiche riflessive e auto-riflessive		
<i>Knowledge of instructional strategies</i>	1. Pianificare una didattica strategica	Funzioni esecutive e facoltà di <i>action</i> e <i>self monitoring</i>	<i>Sistema esecutivo centrale</i> (corteccia prefrontale dorsolaterale) + corteccia temporo-parietale (TPJ), giro frontale inferiore, corteccia cingolata anteriore e gangli della base.
	2. Potenziare l'attenzione selettiva	Facoltà di attenzione selettiva	Corteccia parietale posteriore e talamo + <i>Salience network</i> (l'insula anteriore e la corteccia cingolata anteriore (ACC).
<i>Knowledge of assessment</i>	1. Sviluppare la capacità di attribuzione di significato	Facoltà di giudizio metacognitivo	<i>Default Mode Network</i> (corteccia prefrontale mediale, dal cingolo posteriore e dal precuneo).
	2. Formulare inferenze valutative e di monitoraggio		
	3. Potenziare la capacità di effettuare scelte consapevoli		
	4. Sviluppare la facoltà di giudizio morale e di confronto	Facoltà di giudizio morale e di confronto	Circuiti prefrontali mediali e aree implicate nella cognizione sociale (corteccia prefrontale mediale, giunzione temporo-parietale).
	5. Saper formulare giudizi di contingenza	Facoltà di giudizio di contingenza	Network di attenzione selettiva (<i>Dorsal Attention Network</i> :solco intraparietale (IPS) e campi oculari frontali (FEF) + <i>Ventral Attention Network</i> : giunzione temporoparietale (TPJ) e corteccia ventrale frontale. Network frontoparietali: corteccia prefrontale laterale rostrale e dorsolaterale, il lobulo parietale inferiore anteriore e il giro cingolato medio.

Tabella 1: Sintesi delle competenze in relazione alle funzioni e ai correlati neuronali.

Rispetto alla prima componente (*knowledge of curricula*), se la memoria semantica e la funzione di categorizzazione sono le componenti cognitive dominanti, allora le competenze che il docente dovrebbe sviluppare attengono in prima istanza alla comprensione dei meccanismi della memoria semantica⁴ (1), la quale permette al docente di sapere attivare connessioni tra concetti nuovi e preesistenti, organizzando i contenuti curricolari secondo mappe cognitive coerenti. Peraltro, ciò è possibile attraverso l'utilizzo di strategie che potenziano la memoria semantica e che comportano l'apprendimento significativo, l'uso degli “*advance organizers*”, etc. (Ausubel, 1968). Altro aspetto attiene al facilitare la categorizzazione concettuale (2), competenza basata sulla capacità di raggruppare gli elementi in categorie significative per facilitare l'attribuzione di senso e l'efficienza del pensiero (Rosch, 1978)⁵. Riferendosi a Novak e Gowin (1984), si

4 Nel tentativo di definire cosa sia la memoria semantica ci si imbatte nell'*empasse* ancora attuale per cui, sebbene molti neuroscienziati cognitivi collegano le origini della memoria semantica al capitolo fondamentale del libro di Endel Tulving (1927-2023), *Episodic and Semantic Memory* (1972), la memoria semantica è oggetto di numerose sottodiscipline delle scienze cognitive, ciascuna con il proprio lessico, le proprie teorie e i propri metodi. Per questo motivo, ragionando secondo l'impostazione multidisciplinare metodica di Reilly e colleghi (2023), si ritiene che la rappresentazione semantica sia: “*The cognitive and neural manifestation of the information content of semantic knowledge, which is the structured knowledge stored in long-term memory (i.e., semantic memory)*”.

5 Secondo Rosch (2024) due sono i principi generali e fondamentali della categorizzazione: il primo riguarda i sistemi di categorie che forniscono il massimo delle informazioni con il minimo sforzo cognitivo; il secondo riguarda la struttura delle

potrebbe inoltre far riferimento al saper progettare percorsi curricolari basati sulla capacità concettuale (3), competenza che potrebbe essere potenziata grazie all'uso delle mappe concettuali per costruire e rappresentare reti di significato.

La seconda componente, *knowledge of students' understanding*, basandosi su aspetti principali quali mentalizzazione e empatia, comportano lo sviluppo di competenze da parte del docente orientate alla comprensione profonda dello/a studente/essa. Una competenza chiave risulta, allora, conoscere le concezioni pregresse degli studenti (1): è vero che la conoscenza o il sapere del docente è un buon predittore dei risultati di apprendimento, ma è altresì confermato che conoscere le misconcezioni degli studenti (oltre che le credenze e le misconcezione proprie⁶), quindi la probabilità che loro hanno di sbagliare, potrebbe incrementare ancora di più le loro prestazioni poiché il docente agisce su di esse al fine di ri-costruire la conoscenza con gli studenti o per esortarli a inibire queste idee errate (Chen *et al.*, 2020). Shulman stesso (1987, 9) dichiara che la competenza del docente di comprensione degli studenti: “*also includes an understanding of what makes the learning of specific concepts easy or difficult: the conceptions and preconceptions that students of different ages and backgrounds bring with them to the learning*”.

Un'altra competenza risulta legata alla capacità del docenti di comprendere il livello cognitivo dello/a studente/essa (2). Lavorare su questa competenza significa evitare il rischio per il docente di finire in ciò che che Nathan e colleghi (2011; 2003) chiamano “*expert blind spot*”, una sorta di punto cieco in cui si intrappola il docente che pensa che sono solo i principi organizzativi, i formalismi e i metodi di analisi di una disciplina siano i principi guida per lo sviluppo concettuale e l'istruzione dei propri studenti, piuttosto che la conoscenza delle esigenze di apprendimento e dei profili di sviluppo degli studenti.

La promozione di pratiche riflessive e auto-riflessive (3), completa il quadro che vede il docente impegnato nella comprensione profonda dei destinatari dell'azione didattica. La riflessione è volta sia alla conoscenza in azione che alla conoscenza sull'azione (Park & Oliver, 2008); concetto legato a ciò che Schon (1987) definisce “*reflection-on-action*”: quella riflessione che permette al docente di apportare aggiunte, riorganizzare o modificare il loro corpo esistente di PCK per insegnare l'argomento nel modo più efficace e funzionale possibile.

La terza componente - *knowledge of instructional strategies* - focalizza una gamma diversificata di strategie cognitive (pianificazione, flessibilità cognitiva, monitoraggio dell'azione, attenzione selettiva), motivo per cui comporta l'acquisizione di diverse competenze quali: la pianificazione didattica strategica (1) che implica la capacità di saper scegliere e organizzare strategie didattiche coerenti con gli obiettivi di apprendimento e i contenuti disciplinari. Questa competenza però deve essere corredata da un buon livello di flessibilità cognitiva e di adattività per modificare in itinere le strategie coerentemente con le risposte degli studenti, i diversi livelli cognitivi presenti in aula e le capacità di problem solving procedurale. D'altronde ciò che distingue un docente esperto da uno novello è tra le altre la flessibilità, intesa come “*a measure of the teachers' adaptability and responsiveness to students*” (Berliner, 2001). La capacità di attenzione selettiva (2) si aggiunge al bagaglio delle competenze, nella misura in cui il docente impara ad individuare segnali spia di difficoltà possibili degli studenti, i processi di pensiero e in generale i dati refertabili dalla continua azione osservativa. Van Es e Sherin (2008) parlano a tal proposito di “*noticing*”, ovvero di riconoscere e riflettere le strategie di pensiero degli studenti. Queste competenze risultano di fondamentale importanza poiché elementi come il *feedback*, la metacognizione e il monitoraggio del processo di apprendimento, potrebbero migliorare la consapevolezza dell'apprendimento degli studenti, come sottolineato dalla celebre meta-analisi di Hattie (2008).

La quarta ed ultima componente individuata da Magnusson e colleghi (1999) – *knowledge of assessment* – risulta una delle più complesse in quanto stimola una serie interdipendente di processi che guardano nell'insieme allo sviluppo della competenza docimologica del docente. Se volessimo articolare tale affer-

informazioni così fornite che fanno del mondo circostante una struttura organizzata di informazioni. Pertanto, il massimo delle informazioni con il minimo sforzo cognitivo si ottiene se le categorie mappano la struttura del mondo percepito nel modo più fedele possibile. Questa condizione può essere raggiunta sia mappando le categorie su determinate strutture di attributi, sia definendo o ridefinendo gli attributi per rendere un determinato insieme di categorie opportunamente strutturato.

6 Per un approfondimento su ciò si rimanda a Gess-Newsome (1999), Kagan (1990), Lui e Bonner (2016), Uibu e colleghi (2017).

mazione dovremmo necessariamente dire che una prima competenza specifica guarda allo sviluppo della capacità di attribuzione di significato (1) rivolta alle evidenze raccolte, considerando la relazione tra il contesto (Shepard, 2000), gli obiettivi di apprendimento e le caratteristiche degli studenti. Due capisaldi della valutazione formativa, Black e William (2010) lo hanno sostenuto a gran voce che la raccolta di evidenze e il modo in cui esse vengono usate dai docenti consentono di ottenere notevoli benefici: “*if the substantial rewards promised by the evidence are to be secured, each teacher must find his or her own ways of incorporating the lessons and ideas that are set out above into his or her own patterns of classroom work*”. Una seconda competenza dovrebbe riguardare la capacità di formulare inferenze valutative e di monitoraggio (2) sullo stato dell'apprendimento e sul processo di sviluppo. A tal proposito risulta puntuale la metafora che offre Margaret Heritage (2007): “*to be valuable for instructional planning, assessment needs to be a moving picture — a video stream rather than a periodic snapshot [...] Student learning will have progressed and will need to be assessed again so that instruction can be planned to extend the students' new growth*”. Oltre ai processi, diviene fondamentale anche la capacità di effettuare scelte (3) rispetto agli strumenti di valutazione e ai metodi affinché siano coerenti con gli obiettivi e il contesto al fine di sviluppare una valutazione integrata (Nitko, 1996-2014). Quanto detto finora va però inglobato alla facoltà di giudizio morale e di confronto (4), ovvero la competenza che guarda allo sviluppo di principi etici e criteri astratti cui volgersi nel momento valutativo. Il giudizio del docente deve essere guidato da equità, rispetto e responsabilità e la *mission* della valutazione a scuola deve tener presente che: “*Assessment and grading procedures designed to permit only a few students to succeed (those at the top of the rank-order distribution) must now be revised to permit the possibility that all students could succeed at some appropriate level*” (Stiggins, 2005). Un'altra componente della valutazione individuata dalla letteratura neuroscientifica focalizza la capacità di formulare i giudizi di contingenza (5), ossia di valutare in modo flessibile le relazioni tra stimoli e risposte in funzione del contesto situazionale. La terza competenza degna di nota, infine, è la facoltà di giudizio metacognitivo, intesa come la capacità di riflettere criticamente sui propri stati mentali e sulle decisioni assunte. Infatti, la valutazione deve inglobare la possibilità critica da parte del docente su “come” sta pensando, agendo e reagendo nel contesto formativo. Questo è un processo chiaramente complesso e articolato ed è ben spiegato da Argyris & Schön (1992) attraverso la loro teoria basata su tre cicli di apprendimento che vengono definiti “*single-loop learning, double-loop learning e deutero-learning*”: il primo porta ad individuare e correggere l'errore per raggiungere l'obiettivo, il secondo tende a modificare i valori, le norme, le politiche e gli obiettivi che hanno dato luogo all'errore, ma è il terzo step che comporta l'azione metacognitiva che porta ad un'analisi e problematizzazione del modo in cui si agisce e del modo in cui si apprende/valuta.

4. Conclusioni

Il presente contributo ha inteso indagare il nesso tra le quattro dimensioni conoscitive alla base del costrutto di *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) (*knowledge of curricula, knowledge of students' understanding, knowledge of instructional strategies e knowledge of assessment*), così come delineate nel modello di Magnusson e colleghi (1999), e le principali funzioni cognitive, nonché i corrispondenti *network* neurali di attivazione che, in accordo con la letteratura neuroscientifica di riferimento, ne rappresentano il fondamento operativo. Scopo ultimo di questa analisi è stato individuare, a partire dai processi cognitivi associati a ciascuna delle dimensioni della PCK, un nucleo di competenze che il docente è chiamato a maturare nel corso della sua formazione iniziale, espressive dei meccanismi cerebrali che sorreggono e orientano l'agire didattico. Alla luce dei risultati emersi e in relazione alle future traiettorie di ricerca da intraprendere, la prosecuzione del presente studio prevederà l'avvio di un'indagine volta a verificare se, e in quale misura, all'interno dei Corsi di Specializzazione per le Attività di Sostegno attivi presso l'Università degli Studi di Palermo venga effettivamente promosso lo sviluppo delle competenze professionali delineate in questo studio, afferenti alle dimensioni della PCK, interpretate alla luce della prospettiva neuro-educativa emersa dall'analisi. A tal fine, l'indagine che si intende avviare adotterà una metodologia di tipo quantitativo, basata sulla somministrazione di questionari *self-report* volti a rilevare il grado di consapevolezza e di padronanza delle competenze professionali individuate nel modello proposto. I dati raccolti saranno analizzati per verificare l'esistenza di correlazioni significative tra le dimensioni della PCK e le competenze percepite, in coerenza con la prospettiva teorica delineata. L'analisi dei dati potrà inoltre fornire indicazioni operative per la pro-

gettazione di percorsi formativi più mirati, in grado di potenziare le competenze neuroeducative ritenute carenti o debolmente sviluppate.

Bibliografia

- Argyris, C., & Schon, D. A. (1992). *Theory in practice: Increasing professional effectiveness*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Baldacci, M. (2023). Appunti sulla formazione dei docenti. *Lifelong Lifewide Learning*, 19(42), 7-13.
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a “theory of mind”? *Cognition*, 21(1), 37-46.
- Berliner, D. C. (2001). Learning about and learning from expert teachers. *International journal of educational research*, 35(5), 463-482.
- Bertagna, G. (2020). Formazione iniziale e reclutamento dei docenti: nuove basi per una ripartenza. *Nuova Secondaria*, 1(2020), 2-7.
- Black, P., & Wiliam, D. (2010). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. *Phi delta kappan*, 92(1), 81-90.
- Chen, C., Sonnert, G., Sadler, P. M., & Sunbury, S. (2020). The impact of high school life science teachers' subject matter knowledge and knowledge of student misconceptions on students' learning. *CBE—Life Sciences Education*, 19(1).
- Crump M.J.C., S.D. Hannah, L.G. Allan, L.K. Hord, Contingency judgements on the fly, *Q. J. Exp. Psychol.* 60 (6) (2007) DOI: 10.1080/17470210701257685
- Cui, Y., & Zhang, H. (2021). Educational neuroscience training for teachers' technological pedagogical content knowledge construction. *Frontiers in psychology*, 12, 792723. doi.org/10.3389/fpsyg.2021.792723
- Decety, J., & Porges, E. C. (2011). Imagining being the agent of actions that carry different moral consequences: An fMRI study. *Neuropsychologia*, 49(11), 2994–3001. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.06.024
- Fleming, S. M., & Dolan, R. J. (2012). The neural basis of metacognitive ability. *Philosophical Transactions of the Royal Society, B: Biological Sciences*, 367(1594), 1338–1349. doi: 10.1098/rstb.2011.0417
- Cess-Newsome, J. (1999). Secondary teachers' knowledge and beliefs about subject matter and their impact on instruction. In *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 51-94). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Hattie, J. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.
- Heritage, M. (2007). Formative assessment: What do teachers need to know and do?. *Phi Delta Kappan*, 89(2), 140-145.
- Kagan, D. M. (1990). Ways of evaluating teacher cognition: Inferences concerning the Goldilocks principle. *Review of educational research*, 60(3), 419-469.
- Kim, N. Y., Wittenberg, E., & Nam, C. S. (2017). Behavioral and neural correlates of executive function: interplay between inhibition and updating processes. *Frontiers in neuroscience*, 11, 378. doi.org/10.3389/fnins.2017.00378
- Lin, E. L., & Murphy, G. L. (2001). Thematic relations in adults' concepts. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(1), 3–28. https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.1.3
- Lui, A. M., & Bonner, S. M. (2016). Preservice and inservice teachers' knowledge, beliefs, and instructional planning in primary school mathematics. *Teaching and Teacher Education*, 56, 1-13.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 95–132). Kluwer Academic Publishers.
- Nathan, M. J., & Petrosino, A. (2003). Expert blind spot among preservice teachers. *American educational research journal*, 40(4), 905-928.
- Nitko, A. J. (1996-2014). *Educational assessment of students* (7th edition). Prentice-Hall Order Processing Center, PO Box 11071, Des Moines, IA 50336-1071.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ovando-Tellez, M., Benedek, M., Kenett, Y. N., Hills, T., Bouanane, S., Bernard, M., & Volle, E. (2022). An investigation of the cognitive and neural correlates of semantic memory search related to creative ability. *Communications Biology*, 5(1), 604. DOI: 10.1038/s42003-022-03547-x
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in science Education*, 38(3), 261-284.

- Reilly, J., Vigliocco, G., Kuhnke, P., & Buxbaum, L.J. (2023). What we mean when we say semantic: A consensus statement on the nomenclature of semantic memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1-38.
- Rosch, E., & Lloyd, B. B. (Eds.). (1978-2024). *Cognition and categorization*. London: Taylor & Francis.
- Sachs, O., Weis, S., Krings, T., Huber, W., & Kircher, T. (2008). Categorical and thematic knowledge representation in the brain: Neural correlates of taxonomic and thematic conceptual relations. *Neuropsychologia*, 46(2), 409-418. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.08.015
- Schon, D. A. (1987). Educating the Reflective Practitioner. Toward a New Design for Teaching and Learning in the Professions. *The Jossey-Bass Higher Education Series*. Jossey-Bass Publishers, 350 Sansome Street, San Francisco, CA 94104.
- Shepard, L. A. (2000). The role of assessment in a learning culture. *Educational researcher*, 29(7), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). *Knowledge and teaching: Foundations of the new reform*. Harvard Educational Review, 57(1), 1-22.
- Shulman, L. S. (2005). Signature pedagogies in the professions. *Daedalus*, 134(3), 52-59. <https://doi.org/10.1162/0011526054622015>
- Shulman, L.S. (1986) Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.<http://dx.doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Stiggins, R. (2005). From formative assessment to assessment for learning: A path to success in standards-based schools. *Phi delta kappan*, 87(4), 324-328.
- Striano, M. (2022). Una proposta per la formazione iniziale degli insegnanti. Il contributo di GEO. *Nuova Secondaria*, 6, XXXIX, 157-161.
- Uden, L., & Sulaiman, F. (2025). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) and Neuroscience for Pedagogical Content Knowledge (PCK). In *Digital and Cultural Influences on the Development of Pedagogical Content Knowledge (PCK) and TPACK* (pp. 101-156). IGI Global Scientific Publishing. DOI:10.4018/979-8-3373-2267-4.ch005
- Uibu, K., Salo, A., Ugaste, A., & Rasku-Puttonen, H. (2017). Beliefs about teaching held by student teachers and school-based teacher educators. *Teaching and Teacher Education*, 63, 396-404.
- Van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2008). Mathematics teachers' "learning to notice" in the context of a video club. *Teaching and teacher education*, 24(2), 244-276 <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.11.005>
- Völlm, B. A., Taylor, A. N., Richardson, P., Corcoran, R., Stirling, J., McKie, S., ... & Elliott, R. (2006). Neuronal correlates of theory of mind and empathy: a functional magnetic resonance imaging study in a nonverbal task. *Neuroimage*, 29(1), 90-98 DOI: 10.1016/j.neuroimage.2005.07.022
- Vucurovic, K., Caillies, S., & Kaladjian, A. (2020). Neural correlates of theory of mind and empathy in schizophrenia: An activation likelihood estimation meta-analysis. *Journal of psychiatric research*, 120, 163-174. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2019.10.018
- Yuan, Z., Qin, W., Wang, D., Jiang, T., Zhang, Y., & Yu, C. (2012). The salience network contributes to an individual's fluid reasoning capacity. *Behavioural brain research*, 229(2), 384-390 DOI: 10.1016/j.bbr.2012.01.037