

Il *Problem Solving* come competenza trasversale: inquadramento e prospettive nell'ambito del progetto TECO¹

Raffaella I. Rumiati; Daniele Checchi; Alessio Ancaiani; Alberto Cioffi; Morena Sabella; Maria Rita Infurna; Annalisa Di Benedetto

Parole chiave

Problem solving; Università; Valutazione e autovalutazione.

Introduzione

Il progetto TECO (TEst sulle COmpetenze), avviato da ANVUR nel 2012 e profondamente rivisto nel 2016 (si veda il contributo sulle competenze trasversali in questa stessa sede), si pone l'obiettivo di rilevare le competenze trasversali e disciplinari degli studenti universitari.

Il progetto intende offrire un contributo al monitoraggio della qualità del processo formativo, mettendo a disposizione delle Istituzioni e degli studenti, delle famiglie e della società, informazioni strutturate sulle competenze acquisite (come previsto nell'allegato E nel DM 987/2016).

Riguardo alle competenze trasversali, si prevede lo sviluppo e la validazione di prove standardizzate per i seguenti ambiti: *Literacy*, *Numeracy*, *Problem Solving*, *Civics* e Inglese. Tra la fine del 2016 e la primavera del 2017 sono state validate le prove per *Literacy* e *Numeracy*. Con il coinvolgimento di un gruppo di esperti, è in corso la progettazione delle prove di *Problem Solving*; alle modalità di definizione e al *framework* di riferimento di questa competenza sono dedicati i paragrafi che seguono.

Le riflessioni scientifiche avviate dalla prima metà del secolo scorso (Köhler, 1929; Duncker, 1935; Polya, 1945; Wertheimer, 1945) fino ai più recenti progetti europei (DeSeCo, Ryjchen e Salganik, 2000) hanno identificato nella capacità di risolvere problemi una delle più importanti competenze trasversali che il sistema d'istruzione dovrebbe promuovere (Asquini, 2014).

Al fine di formulare aspettative su quale possa essere la rilevanza dell'area di competenza del *problem solving* nella futura vita lavorativa, abbiamo preso in considerazione l'unica indagine in cui tale competenza venga rilevata su un campione rappresentativo della popolazione italiana adulta. Si tratta dell'indagine ALL (*Adult Literacy and Life skill survey*), condotta nel 2003 da un consorzio di paesi sotto il coordinamento di *Statistics Canada* (OECD - Statistics Canada 2006, Gallina 2007). In aggiunta alle competenze di natura linguistico-letteraria (*prose literacy* e *document literacy*) studiate dieci anni prima dall'indagine IALS (*International Adult Literacy Survey*), l'indagine ALL ha esteso l'ambito anche alla comprensione della dimensione logico-quantitativa (*numeracy* e *problem solving*)². Nel caso italiano l'indagine ha riguardato 6853 individui in età compresa tra 15 e 65 anni. La prima domanda che ci interessa affrontare è se le diverse aree di competenza si differenzino anche per uno stesso individuo, o tendano a seguire una dinamica comune. Osservando la Tabella 1 si nota come gli indici di correlazione tra le diverse dimensioni³ siano molto elevati, anche se l'area del *problem solving* sembra essere quella relativamente meno correlata sia con l'ambito letterario sia con quello matematico, riferendosi infatti a dimensioni meno scolastiche (soluzione di problemi concreti della vita quotidiana). Tali correlazioni non sembrano spiegabili dal diverso grado di scolarizzazione, in quanto partizionando il campione per titolo di studio, età o

¹ Si ringrazia il Prof. Paolo Cherubini per il prezioso contributo nella definizione del *framework*.

² Per una definizione più precisa si veda la seguente citazione tratta da Gallina 2007, che ricalca OECD-Statistics Canada 2006: "Letteratismo non è definibile come una specifica competenza che una persona possiede o non possiede, ma è un insieme complesso di competenze/abilità, richieste nei diversi contesti in cui la vita adulta si realizza, e in particolare:

- **prose ability e document literacy**, competenza alfabetica funzionale relativa alla comprensione di testi in prosa e formati quali grafici e tabelle; capacità di utilizzare testi stampati e scritti necessari per interagire con efficacia nei contesti sociali di riferimento, raggiungere i propri obiettivi, migliorare le proprie conoscenze ed accrescere le proprie potenzialità;
- **numeracy**, competenza matematica funzionale; capacità di utilizzare in modo efficace strumenti matematici nei diversi contesti in cui se ne richiede l'applicazione (rappresentazioni dirette, simboli, formule, che modellizzano relazioni tra grandezze o variabili);
- **problem solving**, capacità di analisi e soluzione di problemi; il *problem solving* rileva l'attività ragionativa in azione, il pensiero orientato al raggiungimento di uno scopo in una situazione in cui non esiste una procedura di soluzione preconstituita."

³ Nonostante nei microdati originari ciascuna dimensione sia descritta da cinque *plausible values* (dovuti alla rotazione dei fascicoli tra individui), in questo paragrafo utilizziamo la media degli stessi per connotare il posizionamento individuale.

genere, il quadro rimane sostanzialmente immutato. A titolo di esempio abbiamo riportato nella seconda parte della Tabella 1 gli indici di correlazione riferiti alla sola sottopopolazione dei laureati.

Tabella 1 - Correlazione tra le diverse aree di competenza – ALL Italia 2003

		prose literacy	document literacy	numeracy	problem solving
<i>intera popolazione</i> (6853 individui)	prose literacy	1.000			
	document literacy	0.938	1.000		
	numeracy	0.854	0.870	1.000	
	problem solving	0.861	0.849	0.788	1.000
<i>popolazione con titolo di studio universitario</i> (708 individui)	prose literacy	1.000			
	document literacy	0.863	1.000		
	numeracy	0.752	0.819	1.000	
	problem solving	0.800	0.726	0.625	1.000

Questo effetto è probabilmente collegato alla significativa dispersione dei punteggi nelle diverse aree, per come lo si può visualizzare in Figura 1. L'area del *problem solving* (asse verticale della fascia inferiore dei grafici) è quella che ha maggior variabilità a parità del livello di ciascuna altra area di competenza considerata individualmente.

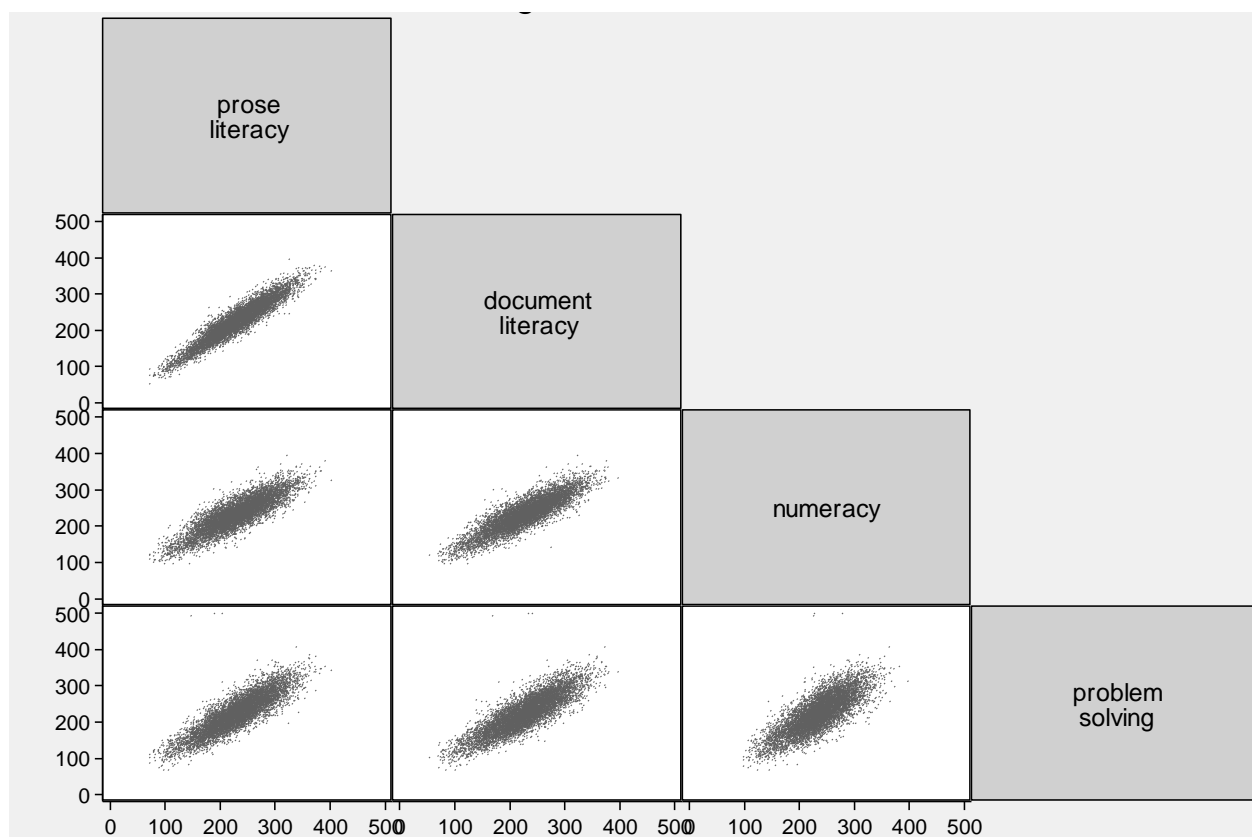


Figura 1– Scatterplot dei punteggi individuali nelle quattro aree di competenza – ALL Italia 2003

In questo contributo ci limitiamo⁴ a richiamare che ciascuna area di competenza (singolarmente considerata, a causa della elevata collinearità che le caratterizza) ha una correlazione statisticamente significativa sia con la probabilità di occupazione sia con i livelli retributivi, a parità di altre caratteristiche. Per esempio la Figura 2 mostra l'effetto dei livelli delle competenze sulla probabilità di impiego, avendo già tenuto conto nel modello statistico di variazioni riconducibili al genere, all'età, agli anni di scolarità, al carico familiare e alla regione di residenza. L'entità degli effetti non è trascurabile: ad una variazione dei livelli di competenza di 50 punti (corrispondente ad una *standard deviation*) la probabilità di impiego cresce di circa 6 punti percentuali e il livello

⁴ Per una analisi più dettagliata della correlazione tra aree di competenza ed esiti nella vita sociale ed economica si rinvia a Checchi e Meschi 2012.

retributivo di circa 10 punti percentuali. Sempre da Figura 2, si noti inoltre come l'effetto sia più forte per le competenze logico-matematiche di quanto non lo sia per quelle letterarie.

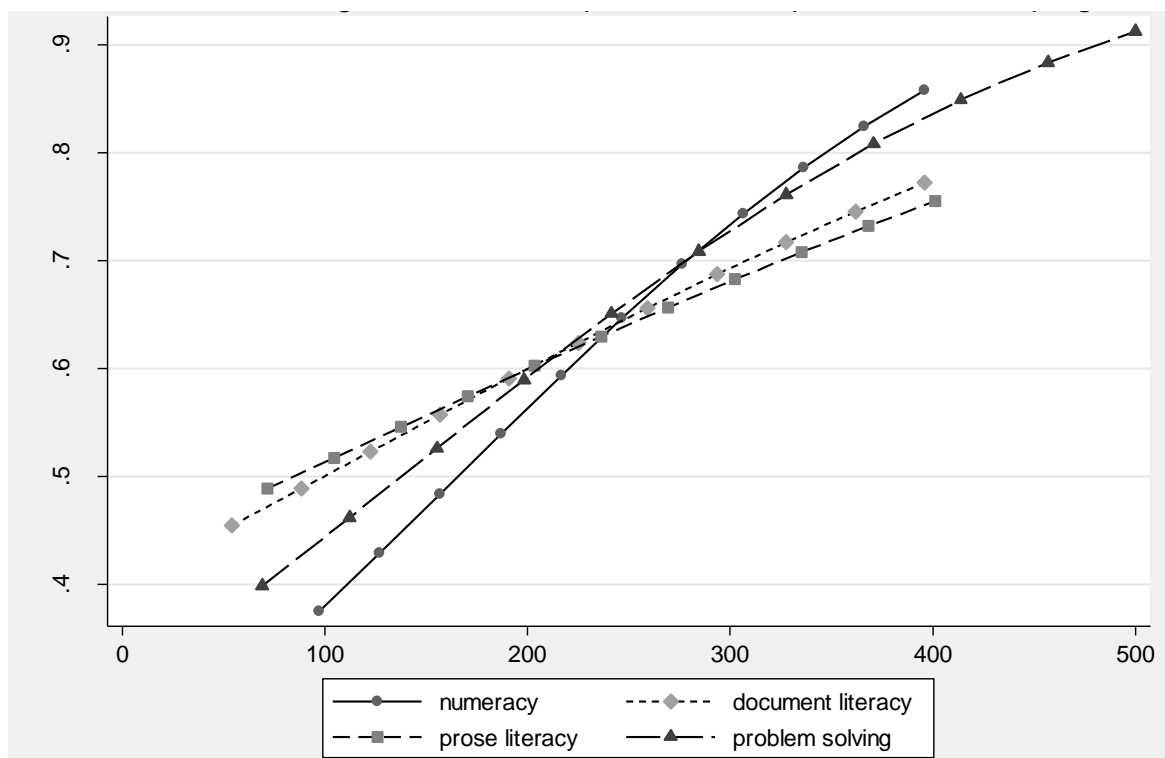


Figura 2– Effetti delle competenze sulla probabilità di impiego – ALL Italia 2003

1. Il Problem Solving come competenza trasversale

La competenza di *problem solving* ha assunto negli ultimi anni una rilevanza crescente in diverse indagini internazionali come PISA⁵ e PIAAC⁶ (si vedano: OCSE 2004, 2012, 2013, 2017a). Il *problem solving* è uno degli otto ambiti di competenza definiti dalla Commissione Europea come competenze-chiave per l'apprendimento permanente, necessarie per la realizzazione e lo sviluppo della persona, del cittadino attivo, dell'inclusione sociale e dell'occupazione (CE, 2006, Allegato). In letteratura è inoltre possibile individuare analisi dedicate al rapporto tra la competenza di *problem solving* e la riuscita accademica (Stadler et al., 2016; Stadler et al., 2017).

Le ragioni della rilevanza assegnata alle competenze di *problem solving*, oltre a quelle già esposte in relazione all'indagine ALL (*ibidem*) sono efficacemente riassunte nella presentazione del framework utilizzato per l'indagine PISA 2012: «l'acquisizione di livelli di competenza più elevati nella competenza di *problem solving* fornisce la base per l'apprendimento futuro, una reale partecipazione alla società e per la conduzione di attività personali. I cittadini devono essere capaci di applicare ciò che hanno imparato a situazioni nuove⁷» (OECD, 2013, p. 120).

La prima definizione di un framework per il *problem solving* nell'ambito delle indagini PISA è stata proposta in occasione dell'edizione 2003, come ambito di valutazione aggiuntivo, ma non nei cicli del 2006 e del 2009. Sia gli strumenti di rilevazione sia il dibattito sul tema hanno visto diversi sviluppi, in particolare riguardo al *complex problem solving*, e alla valutazione su larga scala e/o *computer-based* del *problem solving* (ad esempio: Funke e Frensch, 2007; Klieme, 2004; Mayer, 2002; O'Neil, 2002; Reeffer et al., 2006; Wirth e Klieme, 2004), così che per PISA 2012 è stato

⁵ Programme for International Student Assessment (PISA).

⁶ Programme for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC).

⁷ Traduzione dall'originale: «problem-solving competency is a central objective within the educational programmes of many countries. The acquisition of increased levels of problem-solving competency provides a basis for future learning, for effective participation in society and for conducting personal activities. Citizens need to be able to apply what they have learnt to new situations» (OECD, 2013, p. 120).

elaborato un nuovo framework e sono state applicate nuove metodologie di valutazione, mettendo al centro l'interazione dello studente con il problema e sfruttando le possibilità offerte dal test *computer-based*. Per quest'ultima indagine la competenza di *problem solving* è definita come: «la capacità di un individuo di impegnarsi nell'elaborazione cognitiva per comprendere e risolvere situazioni problematiche in cui un metodo di soluzione non è immediatamente evidente. Comprende la volontà di impegnarsi in tali situazioni per raggiungere il proprio potenziale come cittadino costruttivo e riflessivo⁸» (OECD, 2013, p. 122).

Tuttavia, in occasione di PISA 2015 è stata rilevata per la prima volta la competenza di *collaborative problem solving*, cioè «la capacità di un individuo di impegnarsi efficacemente in un processo in cui due o più agenti tentano di risolvere un problema condividendo la conoscenza e lo sforzo richiesto per giungere a una soluzione e riunendo le loro conoscenze, competenze e sforzi per raggiungere tale obiettivo soluzione⁹» (OECD, 2017a, p. 134).

Pur se con connotati diversi, anche l'indagine PIAAC considera il *problem solving*, declinandolo però esclusivamente nell'ambito degli ambienti tecnologicamente avanzati (ICT). In PIAAC il *problem solving* in ambienti tecnologicamente avanzati è definito come: «l'utilizzo della tecnologia digitale, di strumenti e reti di comunicazione per acquisire e valutare informazioni, comunicare con gli altri e svolgere compiti pratici¹⁰» (OECD 2012, p. 47).

Sulla base dell'esperienza passata e degli sviluppi in corso, la ricerca sta riflettendo anche sull'*adaptive problem solving* con l'obiettivo di affrontare dunque il *problem solving* considerandone anche gli aspetti meta-cognitivi, il rapporto tra il mondo interiore e quello esterno e la capacità di adattamento a situazioni e informazioni che cambiano (Greiff et al. 2017).

È dunque possibile identificare diverse esperienze e sviluppi in relazione alla rilevazione delle competenze di *problem solving*, ma è anche evidente la possibilità di adottare differenti definizioni e di fare riferimento a diverse tipologie di problemi. In particolare è ancora scarso il consenso sull'uso di strumenti di rapida somministrazione in batteria in grado di misurare con un certo grado di validità e affidabilità le competenze che distinguono persone più o meno capaci nell'affrontare problemi complessi (Dörner e Funke, 2017): cioè, proprio quei problemi su cui sarebbe auspicabile che si distinguano gli individui con un'istruzione di livello universitario. Ciò non toglie che alcuni compiti relativamente rapidi e somministrabili in batteria possano approssimarsi più di altri ad alcune caratteristiche costitutive dei problemi complessi, e costituiscano quindi migliori candidati per misurare almeno in parte lo sviluppo della competenza nel *problem solving*.

2. La definizione del *Problem Solving* per il TECO-T

Secondo la definizione classica i problemi sorgono quando si ha un obiettivo senza sapere come conseguirlo, quando per muoversi da una situazione data a quella desiderata non è sufficiente l'azione, ma è necessario fare ricorso al pensiero (Dunker, 1935). Considerando anche la definizione adottata per PISA 2012 e gli specifici obiettivi del progetto TECO legati alla formazione universitaria, ANVUR definisce la competenza nel *problem solving* come *la capacità di un individuo di conseguire obiettivi che in un dato contesto non possono essere raggiunti con azioni dirette, o con concatenazioni note di azioni e operazioni*.

Da questa definizione deriva la necessità di far sì che le prove TECO-T (TEst sulle COmpetenze Trasversali) non si concentrino su problemi fortemente caratterizzati dal punto di vista disciplinare: se la soluzione – a *determinate* classi di problemi *specifici* – è stata appresa nel corso degli studi, e l'acquisizione dell'apprendimento è stata verificata durante esercitazioni, attività pratiche, esami,

⁸ Traduzione dall'originale: «problem-solving competency is an individual's capacity to engage in cognitive processing to understand and resolve problem situations where a method of solution is not immediately obvious. It includes the willingness to engage with such situations in order to achieve one's potential as a constructive and reflective citizen» (OECD, 2013, p. 122).

⁹ Traduzione dall'originale: «the capacity of an individual to effectively engage in a process whereby two or more agents attempt to solve a problem by sharing the understanding and effort required to come to a solution and pooling their knowledge, skills and efforts to reach that solution» (OECD, 2017a, p. 134).

¹⁰ Traduzione dall'originale: «using digital technology, communication tools and networks to acquire and evaluate information, communicate with others and perform practical tasks» (OECD, 2012, p. 47).

l'individuazione di una soluzione non misura la competenza nel *problem solving* del laureando, ma solo il suo grado di apprendimento di specifici contenuti del suo Corso di Studi. L'obiettivo delle prove di TECO-T è invece la rilevazione della competenza *trasversale* di porsi in modo risolutivo di fronte a situazioni nuove, insolite, dove recuperare conoscenze pregresse è sì importante, ma lo è ancor di più essere capaci di utilizzarle in modo originale (aspetto cognitivo), mantenendo il controllo sulle proprie emozioni e mostrando resilienza di fronte ai fallimenti (aspetto emotivo), con tenacia e desiderio di riuscita (aspetto motivazionale) (Sternberg, 1985).

Al fine di approfondire le questioni relative ai problemi da utilizzare è utile identificare due dimensioni per classificarli: il loro grado di definizione e la loro complessità. Queste dimensioni possono essere concettualizzate come continuum, anche se per ciascuna di esse si propongono esclusivamente le definizioni degli estremi.

Riguardo al grado di definizione, nei problemi ben definiti al solutore sono fornite informazioni ("dati") esaustive su tutte le premesse/variabili rilevanti per il compito, sulle operazioni che è possibile svolgere e sull'obiettivo (o gli obiettivi) da conseguire. Nei problemi mal definiti, al contrario, il solutore ha solo una conoscenza lacunosa, parziale, e non dettagliata delle premesse del problema, e/o delle azioni a sua disposizione e dei loro possibili esiti, e/o degli obiettivi da conseguire. I problemi di un qualche rilievo nella vita reale sono in gran parte mal definiti, mentre la maggior parte dei problemi "di laboratorio" sono ben definiti.

Similmente, per il grado di complessità, nei problemi semplici le variabili che definiscono il problema sono poche, le relazioni tra di loro sono descrivibili con funzioni non dinamiche, e spesso lineari; gli esiti delle azioni sono univocamente determinati, e prevederli non richiede alberi decisionali di grande estensione; se ci sono altri attori oltre al solutore, i loro comportamenti e decisioni sono determinati o perfettamente prevedibili; c'è un solo obiettivo da conseguire. Nei problemi complessi, al contrario, le premesse/variabili sono numerose; almeno alcune delle relazioni tra le variabili sono dinamiche o non lineari; gli esiti delle azioni non sono univocamente determinati, e/o prevederne le conseguenze ultime richiede *forward reasoning* di grande profondità (quindi, il solutore deve confrontarsi continuamente con l'incertezza degli esiti); se ci sono altri attori oltre al solutore, i loro comportamenti e decisioni non sono determinati, né facilmente prevedibili; gli obiettivi da conseguire sono molteplici, ed è necessario stabilire gerarchie di priorità o sacrificare qualche obiettivo per privilegiarne altri.

Negli studi scientifici sul *problem solving*, ma anche nel percorso di formazione scolastico e universitario, nei giochi, e nella vita reale, si incontrano esempi di tutte le quattro classi di problemi "generate" dall'incrocio delle due dimensioni. Ad esempio: la Torre di Hanoi (un tipico compito utilizzato da molte ricerche sul *problem solving*), le parole crociate o il sudoku sono problemi semplici e ben definiti. La soluzione di questi problemi, dal punto di vista esclusivamente cognitivo, può essere molto *challenging*: incidono molto sulle nostre risorse di memoria di lavoro, di ragionamento deduttivo, e su alcuni domini di conoscenze precedenti; ciò nonostante, in base alle definizioni fornite si connotano sia come semplici sia come ben definiti.

Le partite di scacchi, di *go*, o di altri *boardgame* strategici sono problemi complessi e ben definiti: anche se le variabili iniziali, le mosse possibili, e gli obiettivi sono noti, è impossibile prevedere con certezza le scelte degli altri giocatori; il bravo giocatore si confronta continuamente con l'incertezza, usando strategie euristiche per cercare di guadagnare posizioni di vantaggio e per cercare di prevedere le più probabili contromosse dell'avversario.

È evidente che mentre i problemi ben definiti possono connotarsi come semplici o complessi, i problemi mal definiti sono spesso, anche se non necessariamente, anche complessi. Esempi di problemi complessi e mal definiti sono: far prosperare un'azienda o un'economia, curare un organismo affetto da una malattia ignota, vincere una guerra o una battaglia, governare bene una città o una nazione, controllare un ecosistema (o prevedere/controllare il comportamento di un qualsiasi altro sistema dinamico caotico), e simili. Questi problemi comprendono molte variabili, non tutte note, connesse tra loro da relazioni non lineari, dinamiche, e/o sconosciute; non è chiaro né facilmente prevedibile quali azioni si possano fare o non fare, quali azioni faranno gli altri attori, né quali saranno i loro esiti; non è nemmeno chiaro quali e quanti siano gli obiettivi da perseguire, e quali di essi siano prioritari.

Come già sottolineato, gran parte dei problemi che i laureati devono affrontare sono complessi e mal definiti: tanto nelle loro versioni reali, quanto nelle simulazioni e nei *serious games* utilizzati in molti percorsi di istruzione terziaria. Negli ultimi quarant'anni un'area di ricerca – sviluppata soprattutto da studiosi di lingua tedesca – ha studiato tramite simulazioni di laboratorio proprio questi problemi: è l'area del *complex problem solving* (CPS).

Vale la pena di riassumere brevemente il percorso della ricerca scientifica in questo campo. Dopo i pionieristici studi della prima metà del secolo scorso, dagli anni '50 del novecento ad oggi l'enfasi sul rigore metodologico ha concentrato gran parte della ricerca su problemi e compiti semplici e ben definiti, con l'obiettivo di indagare in modo controllato gli "elementi atomici" della cognizione e, negli ultimi vent'anni, le loro basi neurali. Tuttavia, è ormai acclarato che la conoscenza dettagliata dei processi cognitivi non consente di capire e prevedere appieno la *performance* umana, a livello macroscopico, nella soluzione di problemi mal definiti e complessi.

L'esigenza di abbinare allo studio microscopico della cognizione una prospettiva di più alto livello emerse già negli anni '70, motivata dai cambiamenti sociali e economici in corso, dall'emersione di problematiche complesse e nuove prospettive sulla società (si pensi al Rapporto Meadows¹¹), nonché dall'insoddisfazione per l'inefficacia dei test di intelligenza classici nel predire caratteristiche importanti di un individuo quali il suo successo professionale, sociale o politico (Sternberg, 1985).

Il campo di ricerca del CPS, che studia sperimentalmente la *performance* su problemi complessi e mal definiti, fu inaugurato proprio in quel decennio, e conobbe i primi sviluppi negli anni '80 e '90 del Novecento (Dörner, et al. 1975, 1990; Dörner, 1980; Diehl e Serman, 1995). È ancora questione di dibattito scientifico se la misura della capacità di soluzione di un problema complesso possa essere interamente prevista dalla misura della *performance* in compiti di base, come li si può trovare in diverse batterie di test di intelligenza classici; o se – piuttosto – consenta di predire meglio dell'"intelligenza misurata classicamente" le prestazioni nella vita reale dell'individuo, come la prestazione scolastica, o la capacità di adattarsi e avere successo in ambito lavorativo. La prima posizione è nota come *redundancy perspective – complex problem solving as intelligence* (Kröner, et al. 2005; Süß, 1996), mentre la seconda è nota come *distinctiveness perspective – complex problem solving as a separate construct* (Greiff, et al., 2013; Wüstenberg et al. 2012; Spering et al., 2005; Barth e Funke, 2010; Hermes e Stelling, 2016). Naturalmente anche se dirimere la questione non può rientrare tra gli obiettivi del progetto TECO, resta il fatto che gli studi che l'hanno affrontata mostrano una correlazione significativa tra la capacità di CPS e l'intelligenza, che tuttavia sembra dipendere dalle modalità adottate per operationalizzare il CPS e che non necessariamente implica che siano riferibili a un unico costrutto (Stadler et al. 2015). Inoltre i risultati della somministrazione di problemi complessi tendono ad avere capacità predittiva *come minimo* sovrapponibile (*redundancy perspective*), e *forse* un po' migliore (*distinctiveness perspective*), rispetto ai risultati dei test di intelligenza classici (Greiff et al., 2013; Wüstenberg et al., 2012).

Le cinque caratteristiche essenziali dei problemi complessi e mal definiti usate negli studi citati (Funke, 2012), possono essere esposti sinteticamente come segue:

1. *numero di variabili*. Le variabili presenti nel contesto del problema sono numerose (in alcuni studi degli anni '80, fino a 2000) e il *problem solver* deve semplificare la situazione, identificando quelle davvero rilevanti e focalizzandosi su di esse.
2. *interdipendenza delle variabili coinvolte*. Le variabili non sono connesse una ad una in modo lineare. Piuttosto, il valore di ciascuna può dipendere dal valore di molte altre, con relazioni descrivibili da funzioni non lineari e, nei migliori esempi di compiti complessi, dinamiche. Il *problem solver* deve sviluppare euristicamente uno o più modelli mentali capaci di simulare gli effetti macroscopici delle interrelazioni presenti nel problema, e questo richiede – oltre a molteplici osservazioni sistematiche – una grande capacità di ragionamento, di memoria, di

¹¹ Il *Rapporto sui limiti dello sviluppo*, meglio noto come *Rapporto Meadows*, sosteneva che la crescita economica non potesse continuare indefinitamente a causa della limitata disponibilità di risorse naturali, specialmente petrolio, e della limitata capacità di assorbimento degli inquinanti da parte del pianeta (Meadows et al., 1972).

sintesi, un buon livello di motivazione, e la capacità di resistere alle frustrazioni (molti tentativi iniziali di soluzione non hanno successo).

3. *dinamicità*. I migliori compiti usati nel CPS sono basati su sistemi dinamici, cioè – in parole povere – sono descrivibili con funzioni che accettano tra i loro *input* anche il valore fornito in *output* dalla funzione stessa in cicli precedenti. Cioè, mantenendo fermo il valore di tutte le altre variabili in *input*, il comportamento del sistema in t_n può essere diverso da quello manifestato dallo stesso sistema in t_{n-1} . Questa è una caratteristica di molti sistemi reali (ecologici, biologici, fisici, sociali, politici, ecc.), e dei problemi che emergono in essi. Per risolvere adeguatamente un problema complesso, il *problem solver* deve riuscire a capire e a modellare il ruolo che in esso svolge il fattore “tempo”.
4. *incompletezza delle informazioni relative alle variabili e alla definizione dell'obiettivo*. Al *problem solver* non sono fornite tutte le informazioni necessarie sulle variabili del problema e sugli obiettivi da perseguire; il solutore deve sviluppare e mettere in atto strategie per acquisire attivamente le informazioni mancanti.
5. *polytely (dal greco “molti obiettivi”)*. In una situazione complessa ci sono, di solito, più obiettivi da perseguire, talvolta in conflitto tra loro; il *problem solver* deve essere in grado di raggiungere dei compromessi e di definire delle priorità.

Nell'ambito del TECO-T, date le caratteristiche della rilevazione su larga scala, non è possibile utilizzare problemi davvero mal definiti e complessi come quelli presentati tramite mondi virtuali simulati al computer dai migliori studi sul CPS. Né è possibile utilizzare tornei competitivi di giochi strategici ben definiti e complessi – nonostante sia un modo didatticamente ottimale per inserire nel *problem solving* incertezza, motivazione, e *challenge* emotivo. Questi limiti sono imposti da vincoli di durata del test e di praticità di somministrazione in batteria. È tuttavia auspicabile, come già fatto dall'indagine PISA 2013, inserire prove che rispettino alcune caratteristiche dei CPS, anche se non tutte, note in letteratura come *compiti minimamente complessi* (Dörner e Funke, 2017; ne sono esempi gli item del test commerciale COMPRO di Greiff e Wüstenberg, 2015).

3. La progettazione delle prove di *Problem Solving* per il TECO-T

Le prove di *Problem Solving* devono coinvolgere pensiero critico, laterale, e orientato agli obiettivi: cioè, nella terminologia delle scienze cognitive, devono richiedere lo sviluppo induttivo di più ipotesi/modelli alternativi di soluzione, la derivazione deduttiva e il confronto tra le probabili conseguenze di ciascuno di essi (nei compiti più difficili, la previsione delle conseguenze di ciascuna operazione dovrebbe richiedere almeno alcuni cicli di *forward reasoning*), e la scelta della possibile soluzione che si presenta come più promettente. Nella fase di esplorazione e analisi del contesto del problema, strategie semplici come VOTAT (*vary one thing at a time*), utili solo in contesti governati da funzioni esclusivamente lineari, dovrebbero essere “risolutive” solo nei compiti più semplici (contrariamente a quanto avviene nei compiti del test COMPRO; cfr. Dörner e Funke, 2017; Funke et al., 2017).

I problemi devono essere costituiti da una condizione iniziale (i dati), da una condizione finale (l'obiettivo), e da un insieme di azioni possibili sul contesto (gli operatori). Gli ostacoli alla soluzione possono essere interposti sia agendo sul grado di definizione del problema (rendere più o meno lacunose le informazioni disponibili su dati, obiettivi, e operatori), sia sul grado di complessità (rendendo non lineari e/o dinamiche le relazioni tra le variabili, e rendendo non deterministici gli esiti degli operatori). Per valutare la competenza degli studenti nel risolvere problemi sia semplici sia complessi, è opportuno sviluppare prove sull'intero arco descritto: dai problemi semplici e ben definiti, a quelli complessi e mal definiti.

Il contesto del problema deve riflettere domini differenti, essere di natura teorica o pratica, collegato a situazioni virtuali o al mondo reale; ma, trattandosi di un test trasversale somministrato a tutti gli studenti, le specifiche conoscenze disciplinari acquisibili nei diversi percorsi di studio non devono mai essere né necessarie né sufficienti per risolvere il compito. Inoltre le prove vanno progettate limitando per quanto possibile il ricorso ad altre competenze: i testi devono essere

semplici e brevi e accompagnati da immagini (*Literacy*) e la complessità delle singole operazioni matematiche richieste dall'individuazione della soluzione deve essere limitata (*Numeracy*).

I processi cognitivi che si intendono misurare per il *Problem Solving* con TECO-T (nella consapevolezza che questi siano numerosi e dipendano dal problema posto e da altre variabili non necessariamente controllate nel corso di un test) possono essere sintetizzati come segue:

- a) comprensione del problema: passare dall'esplorazione della situazione problematica (individuare informazioni, i dati e le limitazioni) alla sua comprensione (individuare le informazioni necessarie, eliminare le informazioni non pertinenti e individuare le inferenze logiche);
- b) rappresentazione del problema: costruire una rappresentazione mentale coerente e completa del problema (in formato grafico, simbolico o verbale). Il *problem solver* inizia con l'individuare fatti rilevanti e le relazioni tra essi, procede per la valutazione e l'organizzazione delle informazioni pertinenti e per la loro integrazione con conoscenze ed esperienze pregresse, per raggiungere un'ipotesi di soluzione;
- c) pianificazione della soluzione: pianificazione ed esecuzione del progetto di risoluzione, definendo gli obiettivi intermedi e finali, individuando la strategia migliore e le operazioni da seguire;
- d) verifica della soluzione: controllare i risultati intermedi e finali, rilevare eventuali imprevisti allo scopo di proporre interventi di miglioramento, valutare criticamente ipotesi e soluzioni alternative.

Le prove prevedono problemi a diversi gradi di difficoltà e definizione, e ciascun item può essere riferito a un solo processo di *problem solving*. Sono previste diverse modalità di formulazione degli item: quesiti a scelta multipla¹², a risposta dicotomica¹³ oppure a risposta aperta univoca¹⁴. Inoltre è possibile prevedere una interazione diretta con elementi dell'interfaccia computerizzata (similmente a quanto previsto per PISA 2012).

Di seguito si riporta un esempio di prova e alcuni item proposti (Figure 3, 4 e 5).

¹² I quesiti a scelta multipla sono costituiti dal corpo della domanda, in cui si pone il problema, e da n alternative di risposta, che corrispondono alle proposte di soluzione del problema presentato, di cui solo una è quella corretta, mentre le altre soluzioni sono i cosiddetti distrattori (cioè risposte plausibili con la funzione di "distrarre" il candidato nell'individuazione della risposta esatta).

¹³ I quesiti a risposta dicotomica sono invece composti da un enunciato e da due sole possibilità di risposta, la soluzione consiste nell'individuare se l'enunciato è vero o falso, giusto o sbagliato. Nonostante la semplicità della sua formulazione non necessariamente questo genere di quesito misura ragionamenti elementari o semplici aspetti di memorizzazione. Il limite fondamentale è invece l'alta probabilità di individuare casualmente la risposta esatta. A fine di limitare questo rischio è auspicabile la predisposizione di un elenco di enunciati corposo e/o di quesiti di controllo.

¹⁴ Nei quesiti a risposta aperta univoca non è prevista la scelta tra diverse alternative di risposta pre-costituite, ma viene richiesta una risposta breve (una data, una parola, etc.) e ve ne è una sola che possa essere considerata come corretta e che deve redigere lo studente stesso. I quesiti a risposta aperta hanno il vantaggio di essere più familiari agli studenti rispetto ai quesiti a scelta multipla e sono più agevoli da costruire, ma tendono a registrare percentuali di omissioni più alta e implicano una procedura di correzione non automatica, per queste ragioni in un test a larga scala come il TECO è preferibile limitarne l'uso.

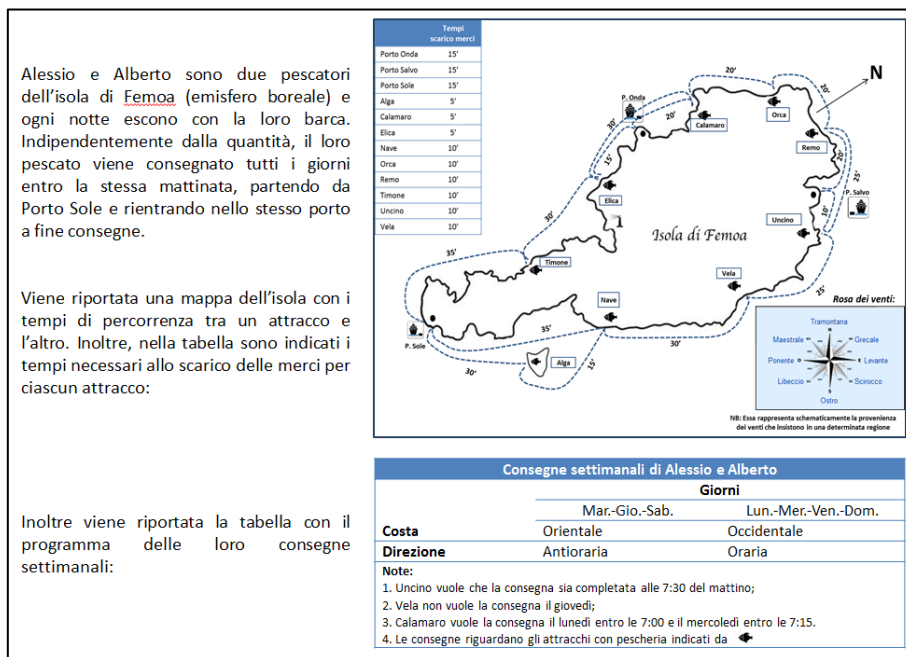


Figura 3 - Esempio di prova: la pesca sull'isola di Femoa

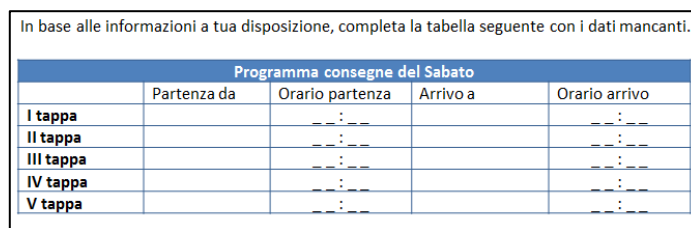


Figura 4 - Esempio di prova: la pesca sull'isola di Femoa item a risposta aperta univoca

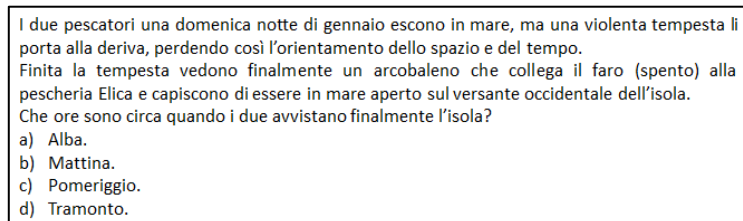


Figura 5 - Esempio di prova: la pesca sull'isola di Femoa item a scelta multipla

La prova *La pesca sull'isola di Femoa* è un esempio di problema complesso e mal definito: le premesse e le variabili sono numerose; le relazioni tra le variabili sono dinamiche; gli obiettivi da conseguire sono molti, ed è necessario stabilire gerarchie di priorità; il *problem solver* ha una conoscenza lacunosa, parziale, e non dettagliata di alcuni aspetti del problema che per risolvere deve far riferimento a conoscenze ed esperienze passate (emisfero boreale/australe; lettura della rosa dei venti; posizione del sole in presenza di un arcobaleno).

Gli item a risposta univoca riportati in Figura 4 richiedono al *problem solver* di esplorare e di comprendere la situazione problematica, individuando le informazioni rilevanti; di costruire una rappresentazione mentale e coerente del problema, organizzando le informazioni pertinenti, integrandole con le conoscenze ed esperienze pregresse per raggiungere un'ipotesi di soluzione; di pianificare ed eseguire il progetto di soluzione, individuando la strategia migliore e le operazioni da seguire.

L'item a scelta multipla riportato in Figura 5 richiede al *problem solver* di rilevare eventuali imprevisti allo scopo di proporre un intervento di soluzione, valutando ipotesi e soluzioni alternative. Il *problem solver* inizia con l'individuare fatti rilevanti e le relazioni tra essi, procede per la valutazione e l'organizzazione delle informazioni pertinenti e per la loro integrazione con conoscenze ed esperienze pregresse, per raggiungere un'ipotesi di soluzione.

4. Conclusioni

Le prove di *Problem Solving*, in sintesi, hanno l'obiettivo di rilevare le competenze degli studenti implicate nel risolvere situazioni problematiche. Il test mirerà a rilevare le capacità di pensiero critico (es. valutare criticamente le soluzioni e scegliere quella più appropriata), laterale (es. prendere in considerazione differenti direzioni per la soluzione del problema) e orientato all'obiettivo negli studenti iscritti al primo e al terzo anno di un Corso di Studi universitario. Inoltre, l'analisi dei problemi e la trasformazione di questi in soluzione (o in soluzioni) dovrà coinvolgere per il *problem solver* processi di comprensione e rappresentazione del problema, pianificazione e verifica della soluzione individuata.

La fase di costruzione delle prove per il *problem solving* dovrebbe concludersi nei primi mesi del 2018, mentre per la validazione delle prove è previsto un trial nella primavera successiva. Questa fase di validazione coinvolgerà studenti del primo e del terzo anno iscritti a diversi Corsi di Studio, in 5 Atenei italiani, con la somministrazione, oltre che delle prove per l'ambito del *problem solving*, anche delle prove già validate di *Literacy* e *Numeracy*. La sperimentazione consentirà non solo di validare le prove, ma riguarderà l'intero sistema di rilevazione messo a punto per il TECO-T, dal materiale informativo e le linee guida per i contatti e i tutor d'aula degli Atenei partecipanti alla piattaforma informatica per la somministrazione dei test.

In occasione di questo trial, infatti, sarà utilizzata per la prima volta una nuova piattaforma progettata e realizzata dal CINECA specificamente per la somministrazione di test che includono prove con caratteristiche interattive, come quelle progettate per l'ambito di *problem solving* del TECO-T.

Riferimenti

- ANVUR, (2015). *Le competenze effettive di carattere generalista dei laureati italiani 2014*.
- ANVUR, (2016). *Rapporto biennale sullo stato del sistema universitario e della ricerca 2016*.
- Asquini, G. (2014). Strange Case of Italian results in PISA 2012. *Italian Journal of Educational Research*, (13), pp. 13-28.
- Barth, C.M., Funke, J. (2010). Negative affective environments improve complex solving performance. *Cognition and Emotion*, 24(7), pp. 1259-1268. doi: 10.1080/02699930903223766
- Checchi, D, Meschi E. 2012. Le competenze nell'arco della vita in Checchi D. (ed). *Disuguaglianze diverse*, Bologna, il Mulino.
- Commissione Europea (2006) *Raccomandazione 2006/962/CE relativa a competenze chiave per l'apprendimento permanente*. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=IT>
- Diehl, E., Sterman, J.D. (1995). Effects of feedback complexity on dynamic decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 62(2), pp. 198-215.
- DM 987/2016. Decreto Ministeriale 12 dicembre 2016 n. 987 - *Autovalutazione, Valutazione, Accreditamento iniziale e periodico delle sedi e dei corsi di studio universitari*.
- Dörner, D. (1980). On the difficulties people have in dealing with complexity. *Simulation & Games*, 11(1), pp. 87-106. doi: 10.1177/104687818001100108
- Dörner, D., Drewes, U., Reither, F. (1975). "Über das Problemlösen in sehr komplexen Realitätsbereichen," in ed. W. H. Tack *Bericht über den 29. Kongress der DGfPs in Salzburg 1974*, Band 1, Göttingen: Hogrefe, pp. 339-340.
- Dorner, D., Nixon, P., Rosen, S.D. (1990). The logic of failure. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 327(1241), pp. 463-473.
- DPR 76/2010. Decreto del Presidente della Repubblica 1 febbraio 2010, n. 76 - *Regolamento concernente la struttura ed il funzionamento dell'Agenzia nazionale di valutazione del sistema universitario e della ricerca (ANVUR)*, adottato ai sensi dell'articolo 2, comma 140, del decreto-legge 3 ottobre 2006, n. 262, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 novembre 2006, n. 286.
- Duncker, K. (1935). *Zur Psychologie des produktiven Denkes*. Berlin: Springer.
- Funke, J. (2012). "Complex problem solving," in ed. N. M. Seel *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, Vol. 38. Springer, Heidelberg, pp. 682-685.
- Funke, J., Fischer, A., Holt, D.V. (2017). When Less Is Less: Solving Multiple Simple Problems Is Not Complex Problem Solving - A comment on Greiff et al. (2015). *Journal of Intelligence*, 5(1), 5.
- Funke, J., Frensch P.A. (2007), "Complex problem solving: The European perspective – 10 years after", in D.H. Jonassen (ed.), *Learning to Solve Complex Scientific Problems*, Lawrence Erlbaum, New York, pp. 25-47.

- Gallina, V. (a cura di) (2007): "Letteratismo e abilità per la vita. Indagine nazionale sulla popolazione italiana 16-65 anni". Roma, Armando Editore.
- Greiff, S., et al. (2017), "Adaptive problem solving: Moving towards a new assessment domain in the second cycle of PIAAC", *OECD Education Working Papers*, No. 156, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/90fde2f4-en>
- Greiff, S., Wüstenberg, S. (2015). *Komplexer Problemlösetest COMPRO* [Complex Problem-Solving Test COMPRO]. Mödling: Schuhfried.
- Greiff, S., Wüstenberg, S., Molnár, G., Fischer, A., Funke, J., Csapó, B. (2013). Complex problem solving in educational contexts-Something beyond g: Concept, assessment, measurement invariance, and construct validity. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), pp. 364-379.
- Hermes, M., Stelling, D. (2016). Context Matters, but How Much? Latent state-trait analysis of cognitive ability assessments. *International Journal of Selection and Assessment*, 24(3), pp. 285-295.
- Klieme, E. (2004), "Assessment of cross-curricular problem-solving competencies", in J.H. Moskowitz e M. Stephens (eds.), *Comparing Learning Outcomes. International Assessments and Education Policy*, Routledge Falmer, London, pp. 81-107.
- Köhler, W. (1929). Ein altes Scheinproblem. *Naturwissenschaften*, 17(22), pp. 395-401.
- Kröner, S., Plass, J.L., Leutner, D. (2005). Intelligence assessment with computer simulations. *Intelligence*, 33(4), pp. 347-368.
- Mayer, R.E. (2002), "A taxonomy for computer-based assessment of problem solving", *Computers in Human Behavior*, Vol. 18, pp. 623-632.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens, W.W. (1972). *I limiti dello sviluppo, rapporto del System Dynamics Group Mit per il Club di Roma*. Mondadori, Milano.
- O'Neil, H.F. (2002), "Perspectives on computer-based assessment of problem solving", *Computers in Human Behavior*, Vol. 18, pp. 605-607.
- OECD (2004), *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264101739-en>
- OECD (2012), *Literacy, Numeracy and Problem Solving in Technology-Rich Environments: Framework for the OECD Survey of Adult Skills*, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264128859-en>
- OECD (2013), *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-en>
- OECD (2017a), "PISA 2015 collaborative problem-solving framework", in *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving*, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264281820-8-en>
- OECD (2017b), *Skills Strategy Diagnostic Report: Italy*. <http://www.oecd.org/skills/nationalskillsstrategies/Diagnostic-report-Italy.pdf>
- OECD-Statistics Canada (2006). *Learning a Living. First results of the adult literacy and life skills survey*. <http://www.oecd.org/edu/innovation-education/34867438.pdf>
- Polya, G. 1945. *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. Princeton University Press.
- Reeff, J.P., Zabal, A., Blech, C. (2006), *The Assessment of Problem-Solving Competencies: A Draft Version of a General Framework*, Deutsches Institut für Erwachsenenbildung, Bonn, http://www.die-bonn.de/espid/dokumente/doc-2006/reeff06_01.pdf, accessed 26/10/2017.
- Ryjchen D., Salganik L.H., (2000). *Definition and Selection of Key Competencies (DeSeCo)*, Paris: OECD Publishing.
- Spering, M., Wagener, D., Funke, J. (2005). The role of emotions in complex problem-solving. *Cognition and Emotion*, 19, pp. 1252-1261.
- Stadler, M., Becker, N., Gödker, M., Leutner, D., Greiff, S. (2015). Complex problem solving and intelligence: A meta-analysis. *Intelligence*, 53, pp. 92-101.
- Stadler, M., Becker, N., Greiff, S., Spinath, F.M. (2016). The complex route to success: complex problem-solving skills in the prediction of university success. *Higher Education Research & Development*, 35(2), pp. 365-379.
- Stadler, M., Becker, N., Schult, J., Niepel, C., Spinath, F.M., Sparfeldt, J.R., Greiff, S. (2017). The logic of success: the relation between complex problem-solving skills and university achievement. *Higher Education*, pp. 1-15.
- Sternberg, R.J., (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. London, Cambridge University Press.
- Süß, H. M. (1999). Intelligenz und komplexes Problemlösen: Perspektiven für eine Kooperation zwischen differentiell-psychometrischer und kognitionspsychologischer Forschung. *Psychologische Rundschau*, 50(4), pp. 220-228.
- Wertheimer, M. (1945): *Productive thinking. New York and Evanston*: Harper & Row Publishers. First appearance: *Über Schlussprozesse im produktiven Denken* (1920).
- Wirth, J., Klieme E. (2004), "Computer-based assessment of problem solving competence", *Assessment in Education: Principles, Policy and Practice*, Vol. 10, No. 3, pp. 329-345.
- Wüstenberg, S., Greiff, S., Funke, J. (2012). Complex problem solving - More than reasoning? *Intelligence*, 40(1), pp. 1-14.