



Società Chimica Italiana

La Chimica nella Scuola



Indice

- 5 Editoriale
 Lezioni a distanza
 Pasquale Fetto
- 7 Un approccio sperimentale - induttivo agli orbitali molecolari
 di frontiera
 Roberto Soldà
- 21 Innamorarsi della Chimica - Parte 3: Altri cinque progetti
 Leonardo Seghetti, Liberato Cardellini
- 45 Le dodici pietre del pettorale di Aronne: la Turchese - Parte 1
 Pasquale Fetto
- 57 L'impatto del progetto PROFILES - Parte 1. Organizzazione e
 basi teoriche
 Liberato Cardellini

L'impatto del progetto PROFILES - Parte 1

Organizzazione e basi teoriche

Liberato Cardellini

Università Politecnica delle Marche, Ancona

l.cardellini@univpm.it

Riassunto

A dieci anni dal suo inizio, viene presentata l'organizzazione e la filosofia del progetto PROFILES. Questo progetto europeo ha come scopo la diffusione dell'insegnamento delle materie scientifiche basato sull'inquiry, al fine di interessare molti studenti allo studio delle materie scientifiche e migliorare la loro formazione scolastica. Per raggiungere questo scopo, fondamentale è la preparazione professionale degli insegnanti, che vuole essere una formazione continua, per avere degli insegnanti capaci di svolgere la funzione di leader, orgogliosi del proprio operato e potenzialmente capaci di coinvolgere tutti gli studenti in tutte le situazioni istruttive.

Trattandosi di un progetto complesso e con grandi ambizioni, ha richiesto una robusta organizzazione operativa e in questo articolo vengono presentati i risultati di studi fatti per misurare sia l'efficacia del metodo sugli studenti che le aspettative e i miglioramenti professionali degli insegnanti coinvolti.

Nella seconda parte verranno illustrate le risultanze nelle pratiche scolastiche e nel coinvolgimento degli studenti dell'eccellenza professionale raggiunta da molti insegnanti, in attività importanti e significative per la loro formazione. Molti di questi insegnanti a sei anni dalla fine del progetto, continuano ad avere un impatto nella formazione scolastica e umana dei loro studenti.

Introduzione

Se ci si interrogasse circa la qualità dell'insegnamento, la valutazione sarebbe relativa e dipenderebbe da chi la valuta e a quali scuole si fa riferimento; si potrebbero avere risposte molto diverse e il giudizio potrebbe spaziare da un molto positivo a uno molto negativo. Se si volesse avere un'idea più precisa mediata su tutto il paese, ci si potrebbe riferire a studi oggettivi, ad esempio agli studi PISA (Programme for International Student Assessment). Una tabella che racchiude dati interessanti è riportata in Figura 1.

I dati riportati in Figura 1 forniscono due informazioni importanti; la notizia positiva è che il risultato per l'Italia è migliorato passando da 470 (OECD, 2004, p. 342) a 485 (OECD, 2014, p. 5). L'altra informazione è che le prestazioni dei nostri studenti sono inferiori a quelle di molti altri paesi e inferiori alla media dei paesi OCSE. Risultati più recenti indicano un ulteriore lieve miglioramento; matematica 487 (489 media OCSE), scienze 468 (489) e lettura 476 (487). (INVALSI, 2019) Posti in forma grafica questi ri-

sultati ci mostrano una situazione internazionale per noi meno confortante. (Figura 2)

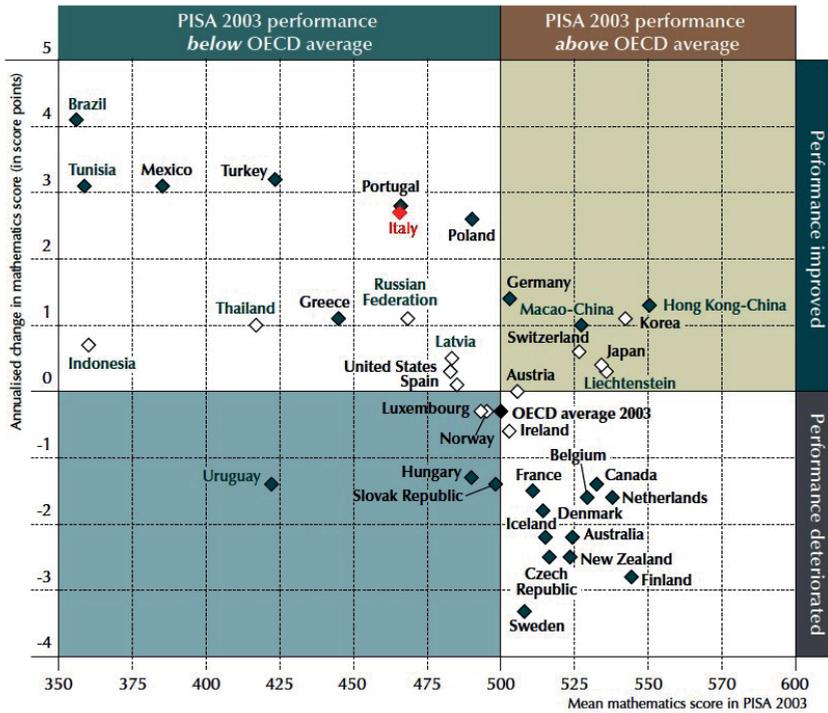


Figura 1. Variazione annuale delle prestazioni tra il 2003 e il 2012 e la media dei risultati PISA 2003 in matematica. (Modificato da OECD, 2014, p. 8).

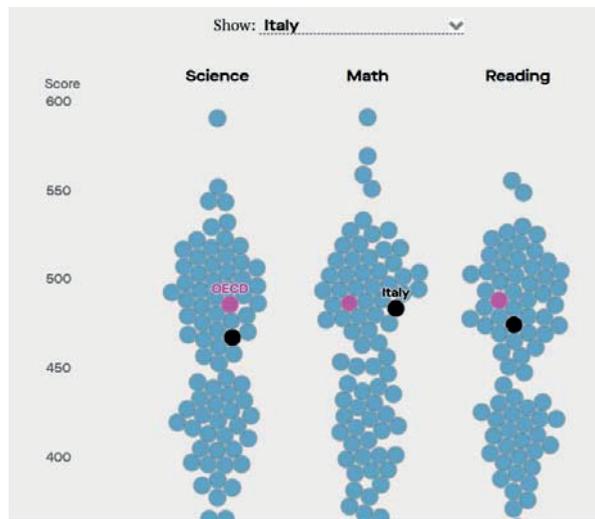


Figura 2. Risultati di OCSE PISA 2018. (Anderson, Shendruk, 2019).

Molti paesi hanno scuole che formano studenti con prestazioni migliori dei nostri studenti; tra questi paesi consideriamo i dati dell'Estonia: matematica 523, scienze 530 e lettura 523. Questi risultati sono sensibilmente migliori sia di quelli dell'Italia che della media OCSE. Nel seguito si avranno indicazioni dei possibili motivi.

Cosa viene misurato negli studi PISA

Nei nostri paesi economicamente più sviluppati, l'istruzione e l'acquisizione di abilità sono importanti per trovare una occupazione. "without an upper secondary qualification, ... have difficulty entering the labour market." (OECD, 2015, p. 2) Inoltre, in tutti i paesi OECD gli adulti con una laurea guadagnano di più degli adulti con un titolo di istruzione della scuola secondaria.

Con il presupposto di fornire dati e indicazioni per migliorare gli standard dell'istruzione, gli studi PISA monitorano l'alfabetizzazione scientifica degli studenti quindicenni. Possiamo ricordare la definizione di alfabetizzazione, che ha tre componenti (OECD, 2002, p. 12): lettura (Reading literacy) "The capacity to understand, use and reflect on written texts, in order to achieve one's goals, to develop one's knowledge and potential, and to participate in society.", matematica (Mathematical literacy) "The capacity to identify, to understand, and to engage in mathematics and make well-founded judgements about the role that mathematics plays, as needed for an individual's current and future private life, occupational life, social life with peers and relatives, and life as a constructive, concerned, and reflective Citizen." e scienze (Scientific literacy) "The capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity."

Da queste definizioni si evince che ciò che viene misurato va oltre la conoscenza scolastica; a differenza del TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study), che monitora quanto gli studenti riescono a ricordare dall'apprendimento scolastico; "PISA was about how well 15-year-old students could apply their science knowledge from whatever source to quite new situations from the real world that involved science and technology." (Fensham, in Cardellini, 2013, p. 738)

Ad esempio, in matematica le attività proposte sono progettate per includere diversi processi generali che sono utili e pertinenti a tutti i livelli educativi: "1. *Mathematical thinking and reasoning*, ... 2. *Mathematical argumentation*, ... 3. *Mathematical communication*, ... 4. *Modelling*, ... 5. *Problem posing and solving*, ... 6. *Representation*, ... 7. *Using symbolic, formal and technical language and operations*, ... 8. *Use of aids and tools*,... ." (OECD, 2002, 82-83) Queste abilità e competenze non vengono misurate

individualmente; quando si usa la matematica come strumento, ad esempio per risolvere un problema di chimica, è necessario utilizzare diverse abilità tra quelle elencate.

Insoddisfazione della situazione presente

L'insegnamento in generale e quello delle scienze in particolare è ritenuto insoddisfacente, come è evidenziato dal fatto che un numero insufficiente di studenti è attratto dagli studi scientifici, (Lyons, 2006) oltre che dalle risultanze degli studi PISA. Negli ultimi decenni l'interesse verso la chimica e le altre discipline scientifiche – meglio, verso lo studio – è diminuito in tutti i paesi. I vecchi sistemi, ad esempio il brutto voto, sono divenute armi spuntate.

La ragione di questo declino di interesse, “while multifaceted and complex, generally relate to pupils’ feelings that chemistry and physics are irrelevant and boring, mainly because their instruction is out of synchrony with the world outside of school.” (Aikenhead, 2003, p.115) In uno studio successivo basato su dati di ricerche, Glen Aikenhead approfondisce questa affermazione e individua quattro difetti nei curricula tradizionali. “The first major failure concerns the chronic decline in student enrollment due to students’ disenchantment with school science or due to students’ cultural self-identities conflicting with students’ perceptions of science and technology.” (Aikenhead, 2006, p. 25) Per il nostro contesto è da considerare anche il quarto difetto: “A fourth documented major failure dates back to the 1970s’ research into student learning: *Most students tend not to learn science content meaningfully* (i.e., they do not integrate it into their everyday thinking).” (Aikenhead, 2006, p. 27)

Un altro aspetto problematico dell'istruzione è l'abbandono degli studi da parte degli studenti. Questo è un trend diffuso anche nelle università ad indirizzo scientifico: un numero elevato di studenti abbandona gli studi o passa ad altre università. Alla California State University (CSU) dopo 6 anni dall'iscrizione, soltanto il 54% degli studenti arriva alla laurea (Zare, 2009). L'abbandono è anche causato dal “poor teaching and the lack of approachability on the part of faculty, who don’t seem to have much time for undergraduates.” (Lagowski, 1992, p. 173) Probabilmente ci sono molteplici cause e come è stato sottolineato “the collection of statistical data alone is limited in its impact on educational quality improvement, which is implicit in quality assurance objectives. One way to improve quality in regard to student retention is to identify influences and causes of student retention and attrition. Engaging students in their studies has been identified as important in retaining students and stemming attrition. Institutions have also shared responsibility to facilitate student engagement.” (Crosling, Heagney, Thomas, 2009, p. 16)

Un recente studio approfondito sulla natura di queste cause riporta che “students also discussed a range of individual, social, and institutional factors that enabled their persistence in STEM. Most students credited their persistence to a complex mix of all of these factors. Students rarely cited a single factor in supporting their persistence, but often described an interaction among individual factors, such as self-efficacy or determination; behavioral adjustments, such as refining their study habits; practical behaviors, such as navigating the college system and STEM courses in a way that will best ensure their success; and social and institutional factors, such as peer support or university services.” (Thiry, 2019, p. 401)

Questa tendenza all'abbandono degli studi esiste anche in Europa, anche se è in parte mascherata dalla mancanza di standard nella valutazione, così che anche studenti non sufficientemente preparati superano gli esami. La diminuzione della motivazione verso gli studi è un problema serio che necessariamente avrà anche conseguenze sociali ed economiche. Anche per questo motivo vengono intrapresi studi e suggerite soluzioni. Risulta che spesso l'istruzione scientifica è percepita come irrilevante, noiosa, astratta e difficile: “students have a perception of science education as irrelevant and difficult” (Rocard et al., 2007, p. 9), forse per i motivi addotti da Aikenhead.

In uno studio esteso riguardante i programmi di scienze che ha coinvolto studenti, genitori e insegnanti, Osborne e Collins affermano che “The subject that attracted the most antipathy was, surprisingly, chemistry. This was seen as abstruse and irrelevant to contemporary needs.” (Osborne, Collins, 2000, p. 5) Per motivare gli studenti all'apprendimento delle scienze, un rapporto della Commissione Europea raccomanda che i metodi inquiry-based science education (IBSE) siano una componente importante da inserire nelle pratiche scolastiche (Rocard et al., 2007).

Il progetto Europeo PROFILES

Il progetto PROFILES (acronimo di: Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science) è un progetto Europeo costituito da un consorzio di 21 istituzioni partner di 19 paesi diversi, coordinato dalla Division of Chemistry Education della Freie Universität di Berlino. Questo progetto è finalizzato all'impiego e alla divulgazione di pratiche scientifiche basate sull'inquiry (IBSE). Per raggiungere questo obiettivo, i partner PROFILES utilizzano e creano ambienti di apprendimento innovativi e programmi di formazione per lo sviluppo professionale continuo degli insegnanti. Si suppone che entrambe le strategie di azione di supporto aumentino l'autoefficacia degli insegnanti per facilitare la consapevolezza del proprio valore professionale e di assumere la paternità di modi più efficaci nell'insegnamento delle scienze.

Di conseguenza, il maggior numero possibile di studenti dovrebbe beneficiare di questo metodo di insegnamento certamente più coinvolgente, dei moduli e degli approcci di insegnamento suggeriti e sviluppati nel progetto. Tutti i partecipanti coinvolti nel progetto PROFILES sono supportati dai suggerimenti provenienti dalle parti interessate al mondo della scuola da diverse componenti della società. Trattandosi di un progetto complesso e molto impegnativo, le responsabilità e il lavoro da svolgere sono state suddivise in otto pacchetti di lavoro tra i quattro gruppi capofila del progetto come riportato in Figura 3.

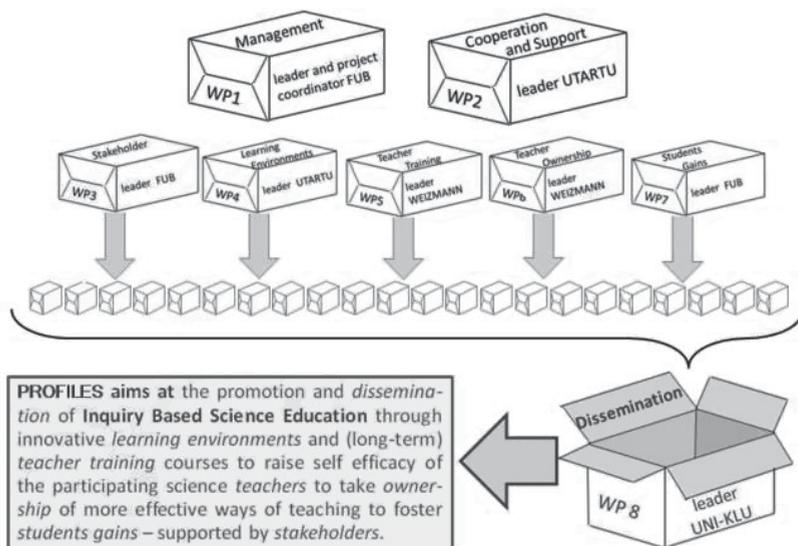


Figura 3. La suddivisione delle attività in otto pacchetti di lavoro (WP, Work Packages).

In modo sommario, riportiamo i compiti di ciascuno degli otto WP, che hanno scandito lo svolgersi del progetto.

WP 1: Gestione e valutazione. Guidato dalla Freie Universität di Berlino (FUB). Coordina la gestione complessiva del progetto che comprende, tra l'altro, i seguenti compiti principali: collegamento con la Commissione Europea in generale e coordinazione della preparazione dei due 'Rapporti periodici PROFILES' e in particolare del 'Rapporto finale del progetto PROFILES'. Inoltre, coordina la gestione finanziaria e la comunicazione tra i partner del consorzio PROFILES; organizza le sette riunioni del consorzio e del comitato direttivo PROFILES.

WP 2: Cooperazione e supporto. La responsabilità di questo pacchetto di lavoro è dell'Università di Tartu (Estonia). Fornisce il supporto professionale ai partner per guidare il progetto secondo la filosofia, gli obiettivi, i risultati e le opinioni delle parti interessate.

WP 3: Coinvolgimento degli stakeholder; FUB. Con l'obiettivo di colmare il divario tra la teoria e la pratica dell'educazione scientifica e il potenziamento delle collaborazioni tra le parti interessate viene compiuto uno studio Delphi, raccogliendo le opinioni delle parti interessate ad una maggiore efficacia dell'insegnamento e dell'istruzione scientifica basata sull'indagine e su ciò che sarebbe desiderabile all'interno dei sistemi scolastici in tutti i paesi dei partner coinvolti. In questo studio vengono coinvolti almeno quattro gruppi: studenti, insegnanti di materie scientifiche, colleghi della science education e scienziati. Si dovrebbero raggiungere 25 partecipanti per gruppo, per un totale di 100.

WP 4: Ambienti di apprendimento (Università di Tartu). Preparazione dei materiali per il programma di formazione degli insegnanti e identificazione dei moduli di insegnamento relativi all'IBSE oltre alla loro modifica e valorizzazione basata sul feedback valutativo e sul coinvolgimento di altri insegnanti.

WP 5: Sviluppo professionale continuo (Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israele). L'obiettivo è formare i futuri insegnanti PROFILES per nuove pratiche e implementare moduli e maniere di apprendimento basati sulla pedagogia del progetto nella loro classe. Più specificamente, il modello CPD (Continuous Professional Development, sviluppo professionale continuo) ha l'obiettivo di sviluppare le conoscenze e la pedagogia degli insegnanti, in modo che possano coinvolgere al meglio i loro studenti nell'acquisizione delle competenze specifiche necessarie.

WP 6: Sviluppo del senso di ownership (appropriazione e responsabilità) degli insegnanti (Weizmann). Alcuni insegnanti diventeranno dei leader (svilupperanno la leadership) per quanto riguarda gli sviluppi e l'implementazione del progetto. Il senso di ownership si manifesta in alcune delle seguenti azioni:

- Coinvolgimento di altri insegnanti nel progetto.
- Impiego dei valori e dei principi del progetto nelle attività di insegnamento.
- Percezione della rilevanza di un certo argomento per la loro classe.
- Presentazione delle proprie attività nelle newsletter.
- Sviluppo di moduli e attività proprie.
- Coinvolgimento nella diffusione delle attività PROFILES fuori dalla scuola.

WP 7: Valutazione dell'utilità dell'approccio PROFILES per gli studenti; FUB. Per analizzare i guadagni degli studenti si potrebbero utilizzare diversi

strumenti; il comitato direttivo ha convenuto di adottare lo strumento per l'analisi dell'ambiente di apprendimento motivazionale (MoLE, Motivational Learning Environment). Infine,

WP 8: Diffusione e networking (Alpen-Adria-Universität, Klagenfurt).

Gli approcci di diffusione proposti includono:

1. Sito web del progetto nazionale per ciascun partner:
www.profiles.univpm.it
2. Conferenze internazionali/nazionali/regionali
3. Seminari, workshop, presentazioni
4. Utilizzo e diffusione di moduli didattici
5. Presentazione del progetto in conferenze internazionali
6. Articoli in riviste di didattica
7. Studio di casi
8. Newsletter del progetto
9. Creazione di reti di insegnanti

La filosofia PROFILES

Il progetto PROFILES si propone di migliorare lo standard dei processi di apprendimento e di insegnamento attraverso dei cambiamenti nei modi di insegnare. "PROFILES promotes IBSE through raising the self-efficacy of science teachers to take ownership of more effective ways of teaching students, supported by stakeholders. The proposal innovation is through working with 'teacher partnerships' to implement existing, exemplary context-led, IBSE focussed, science teaching materials enhanced by inspired, teacher relevant, training and intervention programmes." (Seventh framework programme, 2010, p. 9)

Si tratta di un progetto ambizioso che come risulta dai documenti firmati con la commissione europea si propone di (Seventh framework programme, 2010, p. 6):

1. Establishing a well-managed and well monitored consortium, which is able to introduce PROFILES ideas into a multitude of individual educational systems and cultures, but especially into the systems to which the project partners relate.
2. Ensuring improved students' science learning by offering innovative learning opportunities for pre- and in-service teachers and teacher educators as well as for students within the school and non-formal education centres.
3. Taking into account stakeholder's views in seeking ways to raise teacher ownership (and hence self-efficacy) of innovative science teaching approaches.
4. Developing methods to disseminate project ideas and successes on a wide scale within Europe and promote networking to raise teacher awareness Europe-wide.

I rapidi cambiamenti sociali ed economici ridefiniscono le nuove competenze necessarie agli studenti per partecipare e contribuire alla società di oggi. PROFILES sottoscrive l'inclusione di tutte queste componenti come parte integrante della formazione scientifica e propone i seguenti obiettivi offrendo opportunità innovative di apprendimento scientifico per tutti gli insegnanti: (Holbrook, Rannikmäe, 2014, p. 15)

- a) P stands for Professional. This refers to ways of enhancing the teacher as a professional in addressing the concerns and issues in science education.
- b) The second area of focus is indicated by ROF, or the Reflection Oriented Focus of the teacher. PROFILES recognises the need for all teachers to reflect on any intervention in which PROFILES teaching is conducted.
- c) A third area of concern is the IL, or Inquiry learning. This component is heavily stressed by the EC report (2007) and thus features strongly in PROFILES.
- d) The last area of focus is ES, or the need to interpret science teaching as fundamentally about educating students rather than seeing science teaching in schools as being solely focused on the fundamentals of science.

Nei documenti sono stati introdotti dei termini e concetti utili – anche se non necessariamente nuovi – alla comprensione degli scopi e delle finalità del progetto; iniziamo con *modulo*. Un modulo può essere considerato come una unità di insegnamento, che rende più interessante una parte del programma. Come esempi utili per veicolare le novità e per dare suggerimenti agli insegnanti, sono stati tradotti alcuni moduli del progetto PARSEL (2006; Acronimo di: Popularity and Relevance of Science Education for Scientific Literacy)

Alfabetizzazione scientifica (scientific literacy). L'alfabetizzazione scientifica è qualcosa di più vasto dell'apprendimento delle materie scientifiche e delle esperienze di laboratorio: "For many science educators, efforts to promote greater scientific literacy have been shaped by the image of laboratory science. Science courses are often a means of pushing students into the world of scientists rather than a way of helping them cope with their own life worlds." (Roth, Calabrese Barton, 2004, p. 22) Il termine scientific literacy è stato usato in molti contesti e con significati diversi (Holbrook, Rannikmäe, 2009); come definizione operativa può essere adottata la seguente: "It is a mix of facts, vocabulary, concepts, history, and philosophy. It is not the specialized stuff of the experts, but the more general, less precise knowledge used in political discourse." (Hazen, Trefil, 2009, p. xii)

Conoscenza pedagogica dei contenuti (Pedagogical Content Knowledge, PCK). Sono i modi e le strategie usate dall'insegnante per presentare un ar-

gomento per renderlo più facilmente comprensibile agli studenti. Questo costrutto è stato introdotto come “A second kind of content knowledge is pedagogical knowledge, which goes beyond knowledge of subject matter per se to the dimension of subject matter knowledge *for teaching*.” (Shulman, 1986, p. 9)

Recentemente, il concetto è stato ulteriormente raffinato e arricchito di significato. “The ... limitation is that PCK as I originally conceived it was devoid of emotion, affect, feelings, and motivation, all of the non-cognitive attributes. ... The affective aspects of teacher understanding, and action are important both because a lot of what teachers ‘know and do’ is connected to their own affective and motivation states, as well as their ability to influence the feelings, motives, persistence, and identity formation processes of their students. [inoltre,] doesn’t make much sense to be reflective about practices you’re not skilled at performing, and teaching IS a form of skilled performance. ... Culture and context are huge envelopes within which we find many of the determinants of teaching and learning. ... The relationship between measured teaching and measured learning is not only an artifact of the accountability policies of government agencies; we have a moral obligation to ask how our teaching is affecting the minds and hearts of our students.” (Shulman, 2015, pp. 9-10)

Rilevanza. La rilevanza è un aspetto importante perché stimola e aumenta l’interesse degli studenti verso ciò che viene chiesto loro di studiare. È stato suggerito che “the teaching of a sequence of chemistry lessons begins from a relevant socio-scientific context. The teaching progresses from the societal (the familiar), to the chemistry concepts (the unknown), which are needed to better appreciate the issues, or concerns, and then proceeds to the socio-scientific decision making needed (the purposeful learning involving all educational domains). Teachers need to recognise that curricula promoting chemistry fundamentals, grouping chemistry concepts for scientific convenience, rather than for popularity, is not the approach to promote education through chemistry. Such an approach leads to an academically perceived course that is likely to be abstract, difficult ad irrelevant.” (Holbrook, 2005, p. 4)

La conoscenza scientifica necessaria nel mondo del lavoro è molto specifica rispetto al contesto; la formazione scolastica importante è la conoscenza concettuale e la comprensione procedurale. (Duggan, Gott, 2002, p. 674) Raccomandano la riduzione radicale del programma di insegnamento: “what is needed is a radical reduction in the taught conceptual content and its associated assessment.” (Duggan, Gott, 2002, p. 675) Ciò che gli studenti hanno bisogno di conoscere “*and understand the principle concepts of evidence and the overarching concepts of validity and reliability. ... how to use and apply concepts of evidence such that they can*

critically evaluate scientific evidence. ... how to: access conceptual knowledge which is directly relevant to topical issues; apply and use such knowledge in 'real' issues." (Duggan, Gott, 2002, pp. 674-675)

A differenza di ciò che accade, "the concept of 'relevance' was invoked to persuade us that the content of the curriculum would appeal to pupils but it was often an adult view rather than a pupil view of what was meaningful for young people." (Rudduck, Flutter, 2000, p. 84) in PROFILES, la rilevanza è considerata dal punto di vista degli studenti ed è il catalizzatore che ha attivato tutte le esperienze didattiche svolte.

Ci sono tre dimensioni di potenziale rilevanza immediata e futura con impatto differente sulla motivazione degli studenti: (Eilks, Hofstein, 2017, p. 174)

- *Relevance for the individual*: meeting students' curiosity and interest, giving them necessary and useful skills for coping in their everyday life today and in future, or contributing the students' intellectual skill development.
- *Relevance for a future profession*: offering orientation for future professions, preparation for further academic or vocational training, or opening formal career chances (e.g. by having sufficient courses and achievements for being allowed to study medicine).
- *Relevance for the society*: understanding the interdependence and interaction of science and society, developing skills for societal participation, or competencies in contributing society's development .

Insegnante come leader. L'adagio 'il dirigente dirige e l'insegnante insegna' spesso descrive la realtà della scuola. Negli ultimi decenni si è compreso che lo sviluppo delle abilità personali degli insegnanti è nell'interesse di tutte parti coinvolte (stakeholder), dirigenti inclusi. Infatti, gli insegnanti esemplari sono la risposta alla domanda fondamentale della scuola "How do we provide the best possible educational experience for young people as they move through schools?" (Townsend, 2019, p. 8). Si trovano molte definizioni; forse la più semplice è "Teachers who lead leave their mark on teaching." (Little, 1988, p. 84)

Molto impegno è stato posto nel programma di sviluppo professionale perché l'insegnante capace di trasformare e rendere efficaci i processi di insegnamento e apprendimento, capace di collaborare con i colleghi, configurare atteggiamenti positivi ed entusiasmo verso il proprio lavoro e dedicare tempo a fare tutto il necessario per dare agli studenti la migliore formazione possibile è stata la garanzia del successo del progetto. Infatti, "teacher leadership is a critical component or crucial element of school improvement." (Murphy, 2005, p. 43)

Una prova indiretta del valore dell'approccio e della pedagogia del progetto è data dagli ottimi risultati ottenuti in questi ultimi anni dagli studenti estoni

nelle indagini OCSE PISA: un probabile motivo è da ricercare nei metodi usati per i programmi di sviluppo professionale degli insegnanti, svolti secondo le indicazioni dei professori Miia Rannikmae e Jack Holbrook dell'università di Tartu che condividono la filosofia del progetto PROFILES.

Il progetto PROFILES in Italia

Questa grande avventura per me è iniziata nel dicembre 2010, con l'incontro d'inizio del progetto, con il gruppo-guida e i coordinatori rappresentanti il Consorzio, a Berlino. Incidentalmente, il viaggio è stata un'avventura: l'aereo che da Monaco mi portava a Berlino delle 20:15 è stato annullato a causa del ghiaccio. Ho passato parte della notte in piedi in aeroporto e verso le 1:30 mi è stata fornita una brandina. Il giorno dopo ho fatto il viaggio in treno, che a causa di alberi caduti per la neve sulle rotaie è tornato indietro facendo un percorso molto più lungo. Sono arrivato a Berlino dopo un giorno e mezzo di viaggio.

All'incontro sono stati presentati gli otto pacchetti di lavoro e le scadenze nei successivi 48 mesi di ciascun pacchetto: ciò avrebbe richiesto un impegno imponente. Per la prima volta ho sentito parlare delle questioni socio-scientifiche nell'istruzione e di formazione attraverso la scienza, come percorso didattico contrapposto all'usuale insegnamento scientifico per mezzo dell'istruzione. (Holbrook, Rannikmae, 2007)

Clonazione, cellule staminali, OGM, riscaldamento globale, virus, genoma e carburanti alternativi sono concetti conosciuti dalla pubblica opinione e sono argomenti di dibattiti politici. I progressi della scienza medica e della biologica molecolare accoppiati con le sfide ambientali prodotte da una popolazione umana in crescita alimentano l'interesse di questo tipo di problemi. A causa dei ruoli centrali di fattori sia sociali che scientifici in questi dilemmi, sono stati definiti *questioni socio-scientifiche* (socio-scientific issues). (Sadler, 2004)

All'incontro è risultato che i vari coordinatori avevano il supporto di un gruppo di lavoro ed ho avuto la impressione di essere uno dei pochi a non avere precedenti esperienze di lavoro con insegnanti delle scuole medie e superiori. Al ritorno mi sono sentito sopraffatto dall'enorme mole di lavoro che mi aspettava. Dalle notizie ricevute dall'amministrazione della mia università la prospettiva di questo impegno mi è sembrata ancora meno motivante. Dall'amministrazione mi è stato detto che non avrei ricevuto alcun compenso per il mio lavoro nel progetto e, non avendo il supporto di un gruppo di lavoro, avrei dovuto contare unicamente sulle mie forze. Due opzioni erano possibili: ritirarsi dal progetto o accettare la sfida.

Dato l'interesse per ciò che riguarda la didattica e la formazione e l'opportunità di migliorare lo standard di preparazione degli studenti che arrivano nella mia università, ho intrapreso questa avventura. Il primo com-

pito era familiarizzare con la filosofia del progetto per poi adattarlo alla situazione e alle condizioni delle scuole in Italia. I fondamenti del progetto PROFILES sono costituiti dallo sviluppo professionale continuo dei docenti e dal coinvolgimento attivo degli studenti nel processo di apprendimento; le strategie suggerite nella classe sono il ragionamento e l'apprendimento visibile e l'argomentazione socio-scientifica: su queste fondamenta insegnanti motivati possono edificare robuste pratiche di insegnamento.



Figura 4. Il progetto PROFILES in Italia: luoghi con insegnanti coinvolti.

Pratiche di insegnamento efficaci

Affinché un progetto di sviluppo professionale sia efficace e produca risultati significativi, non è sufficiente mettere insieme alcune idee, magari interessanti, ma è necessario avere un obiettivo chiaro di dove si vorrebbe arrivare. Per migliorare i processi di apprendimento e insegnamento, dobbiamo considerare ciò che la ricerca educativa ha evidenziato. Le persone imparano in molti modi diversi e usano diverse strategie di apprendimento e processi mentali per farlo. In particolare, i bambini e gli adolescenti imparano studiando, osservando, ascoltando, ripetendo, esplorando, sperimentando (facendo), riflettendo, facendo inferenze e ponendo domande. (Bransford et al., 2000; Hattie, Yates, 2014; Ormrod, 2017)

Dalla ricerca sul funzionamento del cervello e dalle sue implicazioni sono stati formulati sette principi utili per la didattica efficace e basati sulle solide fondamenta della scienza cognitiva. Il volume che propone questi principi è stato oggetto di tre recensioni molto lusinghiere. (Brent, Felder, 2011; Nyquist, Jubran, 2012; Criddle, 2016) L'apprendimento viene definito come: “a *process that leads to change, which occurs as a result of experience and*

increases the potential for improved performance and future learning.” (Ambrose et al., 2010, p. 2) e presentati i sette principi: (Ambrose et al., 2010, pp. 4-6)

- *Students' prior knowledge can help or hinder learning.*
- *How students organize knowledge influences how they learn and apply what they know.*
- *Students' motivation determines, directs, and sustains what they do to learn.*
- *To develop mastery, students must acquire component skills, practice integrating them, and know when to apply what they have learned.*
- *Goal-directed practice coupled with targeted feedback enhances the quality of students' learning.*
- *Students' current level of development interacts with the social, emotional, and intellectual climate of the course to impact learning.*
- *To become self-directed learners, students must learn to monitor and adjust their approaches to learning.*

Questi principi sono indipendenti dalla disciplina e valgono per l'insegnamento di tutte le materie, non solo di quelle scientifiche, e sono anche indipendenti dall'esperienza, sia degli studenti che degli insegnanti e vengono così spiegati in modo sintetico: “... any meaningful piece of knowledge is a chunk formed by an interconnected cluster of neurons, ... The basic distinction between a chunk and other connections is that a chunk is a single entity. It might be a relatively small thing, like the visual image of a ball. Or it might be something quite large like our understanding of what a bird is or what “balls” in general are. We often refer to these larger chunks as concepts. ... Connections can exist between these separate chunks ... The micro-architecture of the brain, our knowledge, is made up of these connections. We interconnect specific information about individual things into larger and larger chunks. We interconnect chunks into associated groupings sometimes called *schema* in the literature. *The building of these connections is basically what school is all about.*” (Shell et al., 2010, pp. 35-36)

L'apprendimento è un evento rimarchevole e comporta una modifica nelle reti neurali del cervello. “As people acquire knowledge, there are significant changes in their brain activity, brain structure, or both that complement the rapid increase in processing speed and effort needed to use the acquired knowledge. ... [Questi cambiamenti suggeriscono] a bidirectional relationship between learning and brain development: Learning promotes brain development, and brain development promotes learning. A number of studies have found that experts in particular disciplines (such as sports or music) have an increase in the density of both gray matter (containing neurons) and white matter (containing neurons' connections to other neurons)

that connect task-related regions of their brains, in comparison with nonexperts. These changes appear to be associated with long-term training.” (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2018, pp. 63-64)

L'apprendimento è connesso alla conoscenza acquisita e su questa viene costruito il nuovo apprendimento: “Learning and knowledge are doubly related. On the one hand, knowledge is the outcome of learning. On the other hand, knowledge is one of the inputs into the learning process. New skills are constructed within the context provided by prior knowledge. This is no less true of technical domains such as mathematics, science, and engineering than of common-sense domains such as cooking and travel planning. ... procedural knowledge forms a closed loop: Problem solving methods generate problem solving steps which, in turn, generate the experiences from which new problem solving methods are induced.” (Ohlsson, 1993, p. 148)

Nel brano precedente viene menzionata la conoscenza procedurale. Dagli studiosi della cognizione sono state definite differenti tipi di conoscenza. “Our working definition of the cognitive goals, which we call “science achievement” when expected of students, involve “knowing that” – *declarative* (factual, conceptual) knowledge. For example, force equals mass times acceleration. Achievement also involves knowing how to do something – *procedural* (step-by-step or condition-action) knowledge. For example, knowing how to measure the density of an object. And we also seek to teach *schematic* knowledge – “knowing why”. For example, schematic knowledge involves knowing why New England has a change of seasons. Finally, we want students to develop *strategic* knowledge – knowledge of when, where and how their knowledge applies, and to check to see if their application of this knowledge is reasonable.” (Shavelson, Ruiz-Primo, Wiley, 2005, p. 414)

Analogamente alla distinzione tra teoria e pratica, è utile conoscere la distinzione tra conoscenza dichiarativa e procedurale e la loro importanza: “Procedural knowledge is prescriptive and use-specific. To a first approximation, it consists of associations between goals, situations, and actions. ... Declarative knowledge, on the other hand, is descriptive (as opposed to prescriptive) and use-independent. To a first approximation, it consists of facts and principles. ... The function of procedural knowledge is to control action; the function of declarative knowledge is to provide generality. Intelligent behavior requires both types of knowledge.” (Ohlsson, 1993, pp. 149-150)

Uno studio Delphi sull'insegnamento delle materie scientifiche

A fondamento del programma di sviluppo professionale dei docenti, è stato raccolto un ampio spettro di punti di vista delle diverse parti interessate

(stakeholder) sullo scopo e sul valore dell'istruzione scientifica. È stato condotto uno studio Delphi sull'insegnamento delle materie scientifiche con l'obiettivo di individuare i principali aspetti dell'educazione scientifica ritenuti rilevanti e pedagogicamente significativi, nonché i concetti, i temi e i metodi che dovrebbero essere trattati e usati per rendere le lezioni più interessanti, per migliorare l'apprendimento e l'insegnamento.

Il metodo Delphi è stato sviluppato da ricercatori della RAND Corporation negli anni '50. Il suo scopo è quello di ottenere un consenso che sia il più affidabile possibile sull'opinione di un gruppo di esperti: "Its object is to obtain the most reliable consensus of opinion of a group of experts. It attempts to achieve this by a series of intensive questionnaires interspersed with controlled opinion feedback." (Dalkey, Helmer, 1963, p. 458).

Per questo studio gli esperti interessati ai risultati scolastici sono stati individuati nelle seguenti categorie: insegnanti, studenti, genitori, professionisti al di fuori della scuola, dirigenti scolastici e politici. Sono stati inviati dei questionari in forma scritta a oltre 600 esperti, chiedendo loro di esprimere la propria opinione rispondendo a queste domande:

1. **Situazione/Contesto e/o Motivo:** *Come dovrebbero essere organizzate le lezioni delle materie scientifiche per stimolare, interessare e appassionare gli studenti alle scienze? Quali **motivazioni e situazioni** potrebbero rendere più interessanti le lezioni?*

2. **Contenuto:** *Quali **contenuti, metodologie e temi** relativi alle materie scientifiche si dovrebbero trattare nelle lezioni?*

3. **Abilità:** *Quali **abilità o competenze** e attitudini sono da sviluppare e migliorare **per istruire** gli studenti nelle materie scientifiche?*

I dati sono stati raccolti in un periodo di tempo di circa 4 mesi. Al questionario hanno risposto 173 partecipanti, così suddivisi: 44 studenti delle scuole superiori; 59 studenti universitari iscritti al primo anno della Facoltà di Ingegneria; 28 insegnanti di materie scientifiche; 42 professori universitari. Dall'elaborazione dei risultati, basata sulle parole chiave e i concetti espressi nelle risposte, è stato possibile evidenziare un quarto aspetto: le **metodologie** ritenute importanti per l'insegnamento e l'apprendimento.

Sono state individuate numerose categorie per ciascuno dei quattro aspetti indagati. Con riferimento al punto 1, "situazione/contesto e/o motivo", sono state individuate in generale 19 categorie; per il punto 2, contenuti/temi e materie specifiche che dovrebbero essere trattati nelle lezioni (42 categorie); abilità e competenze che dovrebbero essere sviluppate negli studenti (19 categorie); infine, metodologie (8 categorie).

Nella seconda fase dello studio, ai partecipanti al primo questionario è stato chiesto di valutare la priorità e la reale applicazione (pratica) degli aspetti ritenuti fondamentali per l'insegnamento delle scienze, individuati nella fase I del presente studio. Calcolando i valori medi dei punteggi (da 1 a

6; 1 = priorità molto bassa/molto poco praticata; 6 = priorità molto alta/molto praticata) assegnati a ciascuna categoria, è stato possibile definire gli aspetti che, secondo l'intero campione degli intervistati, sono in assoluto prioritari unitamente a quelli che dovrebbero essere maggiormente potenziati.

Tra i contesti e situazioni ritenuti importanti per appassionare gli studenti alle scienze, sono state giudicate prioritarie tre categorie: le attività sperimentali, lo sviluppo della personalità intellettuale e la capacità di andare incontro agli interessi degli studenti, incuriosendoli ed appassionandoli (Figura 5). L'importanza riconosciuta a queste categorie non sembra tuttavia trovare un grande riscontro nella pratica. Con riferimento in particolare alla categoria "Laboratorio/attività sperimentale" il divario tra priorità e pratica è tra i maggiori (pari a 2,7), denotando una evidente carenza di uno degli strumenti potenzialmente più efficaci per appassionare gli studenti allo studio delle scienze.

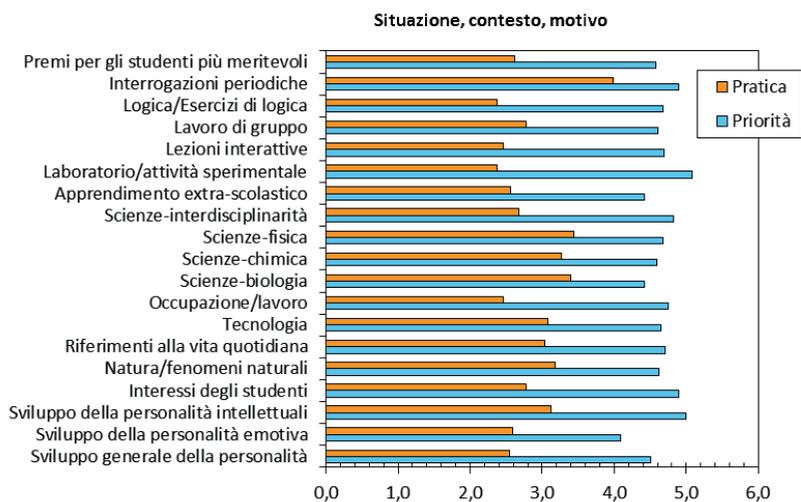


Figura 5. Situazione, contesto, motivo; confronto tra priorità e pratica delle diverse categorie individuate nella prima fase dello studio Delphi (in ascissa sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dai partecipanti).

Tra i contenuti e temi che dovrebbero essere trattati nelle lezioni, è stata confermata l'importanza di due categorie, già riconosciute come prioritarie nella prima fase dello studio: la conoscenza di base e i collegamenti con questioni della vita di tutti i giorni, ma in quest'ultimo caso il divario rispetto alla "pratica" è ben più marcato (Figura 6). Inoltre, in Figura 5 si può osservare come anche l'indagine scientifica, che rientra tra i primi cinque contenuti prioritari, trovi in effetti poco spazio nelle realtà scolastiche italiane.

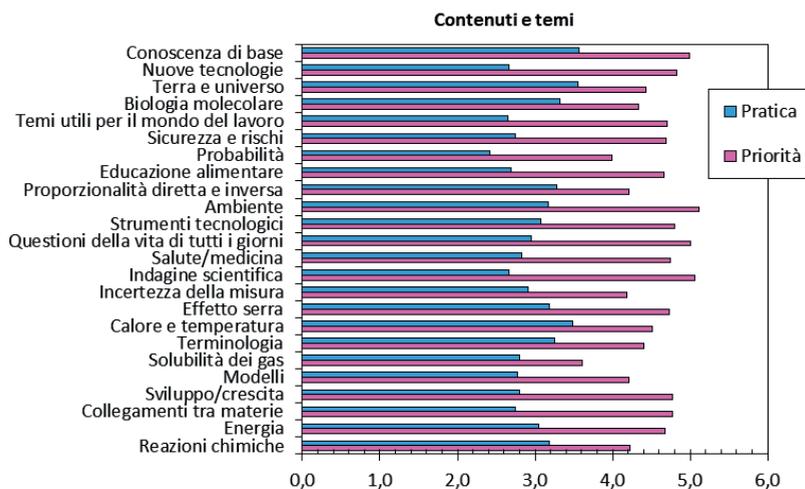


Figura 6. Contenuti e temi; confronto tra priorità e pratica delle diverse categorie individuate nella prima fase dello studio Delphi (in ascissa sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dai partecipanti).

Passando ad analizzare l'aspetto delle abilità e delle competenze (Figura 7) la categoria più penalizzata, in termini di differenza tra priorità e pratica, risulta essere quella della "motivazione/interesse/curiosità". L'importanza di tale categoria, infatti, è elevata (il valore medio delle valutazioni risulta fra i più alti e pari a 5,4), ma gli intervistati ritengono che non rientri tra le abilità maggiormente sviluppate dalla scuola. Uno degli obiettivi del progetto PROFILES è proprio quello di motivare gli studenti e di incuriosirli, portandoli a ragionare in modo autonomo e critico.

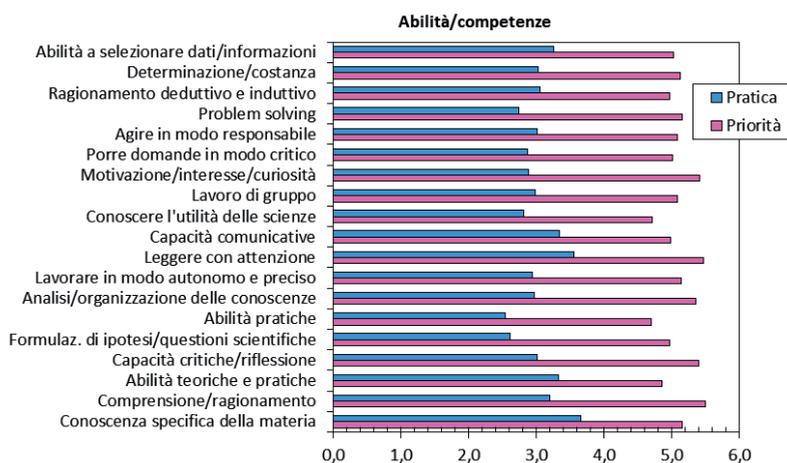


Figura 7. Abilità e competenze; confronto tra priorità e pratica delle diverse categorie individuate nella prima fase dello studio Delphi (in ascissa sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dai partecipanti).

Infine, per quanto riguarda le metodologie, in Figura 8 si può osservare come tutte le categorie sottoposte agli intervistati siano considerate fondamentali, ma non sufficientemente applicate; in particolare, si dovrebbe dare più spazio all'utilizzo di nuovi mezzi di comunicazione, alle discussioni/dibattiti e all'apprendimento interdisciplinare, ad oggi poco presenti.

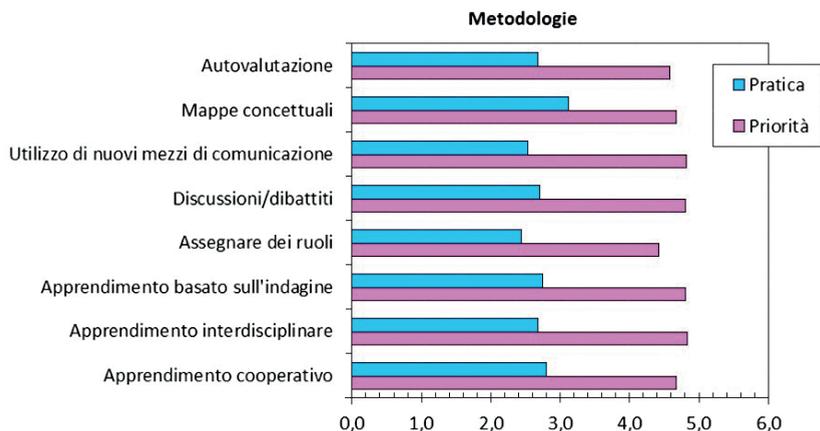


Figura 8. Metodologie; confronto tra priorità e pratica delle diverse categorie individuate nella prima fase dello studio Delphi (in ascissa sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dai partecipanti).

Successivamente, tra tutte le risposte individuate nella prima fase dello studio e per ognuno dei quattro aspetti oggetto dell'indagine, ciascun partecipante ha selezionato le cinque categorie ritenute più importanti. In fase di elaborazione dei dati, tramite la tecnica del clustering gerarchico, è stato tracciato il relativo dendrogramma e sono stati individuati, in ordine di importanza, tre cluster, che racchiudono le diverse categorie. A ciascun cluster è stato associato un diverso concetto che, secondo i partecipanti, dovrebbe essere alla base dell'educazione scientifica attuale. In seguito, è stato chiesto agli intervistati di esprimere il proprio parere circa la "priorità" e la "pratica" di ciascuno dei tre concetti, distinguendo in particolare tra quattro diversi livelli di istruzione: scuola materna, scuola elementare, scuola media e scuola superiore.

Clustering gerarchico e concetti di base nell'insegnamento delle scienze

Ai partecipanti è stato chiesto non solo di esprimere la propria opinione sulle singole categorie individuate nella prima fase dello studio, ma anche di selezionare e raggruppare quelle di maggiore interesse. Le risposte fornite sono state successivamente elaborate tramite la tecnica del clustering gerar-

chico, che ha permesso di individuare tre cluster ai quali sono stati associati altrettanti concetti, ciascuno espressione di un diverso approccio di apprendimento e insegnamento scientifico:

Concetto A. *Catturare l'interesse degli studenti, favorire l'interazione tra i ragazzi e migliorare le loro capacità comunicative.* Questo concetto comprende molti aspetti e temi volti ad incrementare l'interesse e la curiosità degli studenti. Si sottolinea come lo studente dovrebbe innanzitutto acquisire le conoscenze di base della materia, per poi essere in grado di rielaborare in modo critico le informazioni. Inoltre, le lezioni interattive e il miglioramento delle capacità comunicative aiutano a promuovere lo sviluppo della personalità emotiva.

Concetto B. *Sviluppo della personalità intellettuale, tramite riferimenti alla ricerca scientifica attuale, alla tecnologia e alle possibilità di occupazione.* Si pone l'accento principalmente nello sviluppo tecnologico e nella ricerca scientifica attuale. La motivazione e la determinazione hanno un ruolo fondamentale, così come l'impegno e la capacità di lavorare in modo autonomo. Le discussioni e i dibattiti inoltre aiutano ad incoraggiare la curiosità e l'interesse degli studenti.

Concetto C. *Sviluppo generale della personalità, attraverso aspetti metodologici innovativi che promuovono l'apprendimento delle scienze basato sull'indagine.* Questo concetto si riferisce principalmente ai diversi aspetti metodologici che possono essere utilizzati per incoraggiare l'apprendimento basato sull'indagine. L'apprendimento cooperativo, le mappe concettuali e il problem solving favoriscono lo sviluppo della personalità e della capacità di ragionamento degli studenti. Deve essere promosso anche un approccio interdisciplinare. Si sottolinea inoltre come l'attività sperimentale, i riferimenti alla vita quotidiana e il lavoro di squadra siano molto importanti per aumentare l'interesse degli studenti nelle materie scientifiche e migliorare il loro apprendimento.

Analogamente a quanto fatto per ogni singola categoria con il secondo questionario, con il terzo questionario (Questionario 1, riportato in Appendice) è stato chiesto ai partecipanti di assegnare un punteggio, in una scala da 1 a 6, ad ognuno dei tre concetti, sia con riferimento alla "priorità" che alla "pratica". I dati sono stati elaborati statisticamente utilizzando il Test dei ranghi di Wilcoxon e il Test di Mann-Whitney. Nella Figura 9 sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dall'intero campione, suddivisi a seconda del livello di istruzione (scuola materna, scuola elementare, scuola

media, scuola superiore).

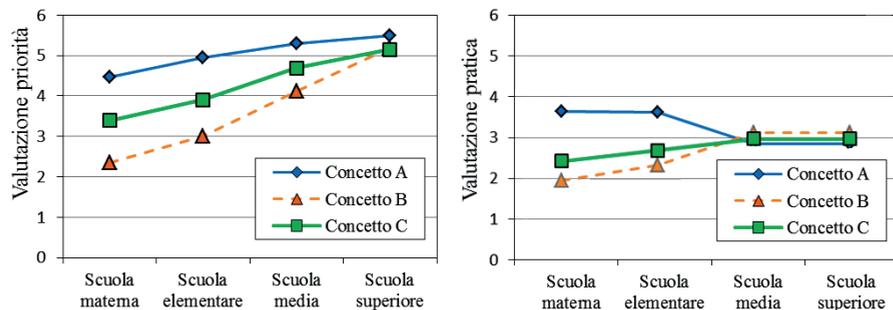


Figura 9. Priorità e applicazione dei tre diversi approcci di insegnamento al variare del livello di istruzione.

I risultati mostrano che l'importanza di ciascun concetto aumenta con il grado di istruzione. I due concetti giudicati più importanti sono, in generale, i concetti A e C, soprattutto nelle scuole materna ed elementare, in cui si reputa fondamentale catturare l'interesse degli studenti e avvicinarli ad un tipo di apprendimento basato sull'indagine. Con riferimento alle scuole medie e superiori tutti e tre i concetti sono ritenuti egualmente rilevanti, tuttavia non sono sufficientemente applicati (la valutazione media per la "pratica" è pari a 3) e la differenza fra priorità e reale applicazione è elevata (Figura 10).

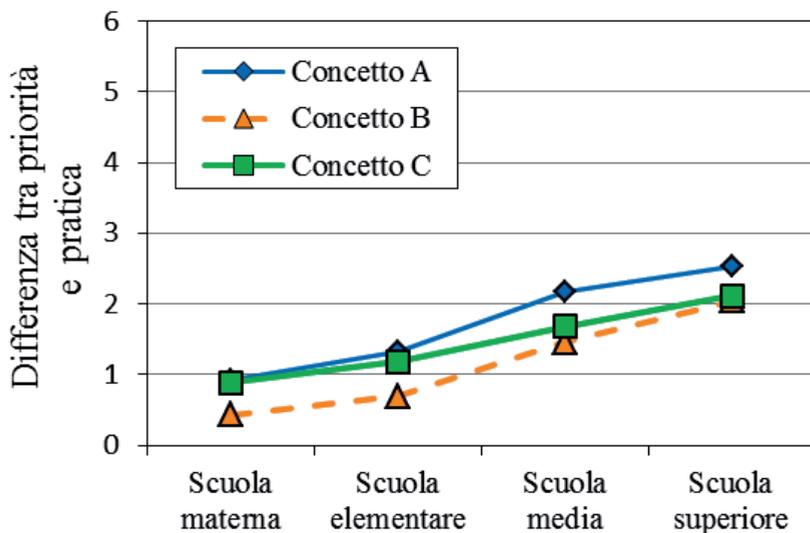


Figura 10. Differenza tra priorità e pratica dei tre diversi approcci di insegnamento al variare del livello di istruzione.

Questo studio, anche se condotto su un campione poco rappresentativo, ha permesso di indagare i principali aspetti e metodologie ritenuti importanti per migliorare l'educazione scientifica. Sembra che gli approcci ritenuti più efficaci siano in realtà poco diffusi nell'attuale panorama scolastico, specialmente nelle scuole medie e superiori. Gli studenti infatti dovrebbero essere motivati e incuriositi trattando tematiche di loro interesse. I collegamenti a questioni socio-scientifiche e i riferimenti alla vita quotidiana aiutano a rendere l'apprendimento più significativo. Così aumenta la probabilità che gli studenti possano imparare a rielaborare le informazioni in modo critico e a risolvere autonomamente i problemi.

Il programma di sviluppo professionale

Ai primi insegnanti partecipanti nel progetto è stato proposto un questionario sui loro bisogni rispetto agli argomenti da svolgere nel programma di sviluppo professionale. Il questionario era composto da 35 domande; per ciascuna domanda erano possibili 4 risposte, rispetto alla propria confidenza e 4 risposte, rispetto all'enfasi che un certo aspetto ricevesse nel programma di sviluppo professionale. Le 35 domande erano così suddivise: 3 riguardavano la natura della scienza; 3 l'alfabetizzazione scientifica e tecnologica; 3 gli scopi della didattica e della formazione scientifica; 3 la didattica scientifica basata sull'indagine; 6 l'ambiente scolastico di apprendimento; 4 la motivazione degli studenti; altre 4 riguardavano la valutazione; 4 le teorie sulla didattica e le ultime 5 riguardavano la riflessione su sé stessi. (Bianchini et al., 2018, pp. 88-89)

Dai dati risultanti dall'elaborazione dei 16 questionari e dalla discussione con alcuni insegnanti è stato deciso di focalizzare il programma di sviluppo professionale su tre argomenti principali: la cooperative learning (Cardellini, Felder, 1999), l'uso delle mappe concettuali (Novak, Cardellini, 2004) e il problem solving (Cardellini, Tsaparlis, 1998). Negli incontri venivano presentati gli argomenti teorici ai quali seguivano workshop applicativi e discussioni. Ai partecipanti veniva fornito materiale per approfondire gli argomenti trattati.

Sono stati resi disponibili 54 moduli in inglese, realizzati nell'ambito del progetto PARSEL (2006; Popularity and Relevance of Science Education for Science Literacy;

<http://icaseonline.net/parsel/www.parsel.uni-kiel.de/cms/indexe435.html?id=home>).

I moduli riguardavano gli insegnamenti di: Biologia (5 moduli); Chimica (16 moduli); Fisica (6 moduli); Matematica (6 moduli); Scienze (14 moduli) e 7 moduli sono interdisciplinari. Alcuni di questi moduli sono stati tradotti in italiano (<https://www.profiles.univpm.it/node/8>). Biologia (La macchina della verità; Lara (16 anni) è incinta); Chimica (Qual è il sapone migliore;

Usiamo troppa plastica?); Fisica (Incidente stradale); Matematica (La campagna pubblicitaria); Scienze (Usiamo troppa plastica?); Interdisciplinare (Dolciumi: che buoni!); Scuola media (Il terreno e la coltivazione delle piante; Il ghiaccio nel mio bicchiere).

Nello svolgersi del progetto, molto materiale è stato prodotto dagli studenti con i loro insegnanti e sul sito sono stati riportati soltanto i moduli che sono stati sviluppati in accordo con la struttura dei moduli PROFILES (<https://www.profiles.univpm.it/node/23>): Biologia ... che pizza!; Chimica ... che pizza!; Quanti mi costi!; Bis ... cotti e mangiati!; Il problema di Giovanni; Estrazione del DNA; Learning a Second Language in a Meaningful Way; I modelli femminili nella Roma arcaica; Ossa: A chi appartiene questo scheletro? CSI (Crime Scene Investigation) in classe; La topologia dei nodi.

Il programma di sviluppo professionale non si limitava ad alcuni incontri, ma voleva essere un programma a lungo termine per incoraggiare gli insegnanti a diventare dei leader; insegnanti con una forte componente professionale e con una aumentata auto-efficacia nel coinvolgere attivamente gli studenti e capaci di sviluppare proprie innovazioni didattiche. Queste idee sono schematizzate nella Figura 11.

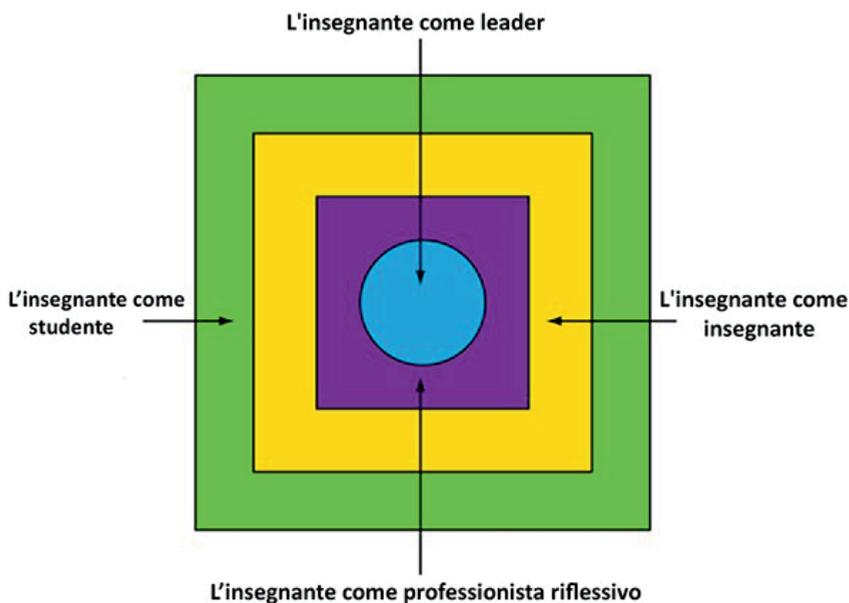


Figura 11. Implementazione delle quattro fasi interconnesse di un programma di sviluppo professionale continuo e a lungo termine.

Apprendimento cooperativo

In diversi modi gli insegnanti sono venuti a conoscenza del progetto PROFILES: dal passaparola tra colleghi alla partecipazione alle conferenze con nomi importanti della didattica internazionale. Nella maggioranza dei casi però, nel modo che segue. Il progetto veniva prima presentato al/alla dirigente, che sempre acconsentiva alla presentazione del progetto a tutti i docenti nella prima riunione in programma (in cui vengono solitamente trattati problemi e novità burocratiche). Nomi e recapiti degli insegnanti interessati venivano raccolti e per alcuni, l'avventura aveva inizio.

Dobbiamo riconoscere che lo scarso interesse verso le materie scientifiche – compresa la chimica – non è dovuto ad una insufficienza cognitiva degli studenti, ma alla loro mancanza di interesse. Ecco perché il coinvolgimento attivo degli studenti nel processo di apprendimento è uno degli scopi qualificanti del progetto. Il lavoro per gruppi cooperativi è un concetto familiare per tutti gli insegnanti coinvolti in questo progetto. La pratica di divertirsi in gruppo, anche online, per giocare, scambiarsi compiti, ecc. è utilizzata dagli studenti; dovrebbe essere una pratica didattica naturale, ma così non è. Lavorare secondo il metodo cooperativo richiede un procedimento strutturato ed è conveniente l'utilizzo dei ruoli.

Non tutte le esperienze che gli studenti fanno in gruppo possono essere considerate cooperative learning; come pure studenti seduti attorno ad un tavolo che studiano insieme, oppure un'attività di gruppo in cui solo alcuni studenti fanno il lavoro e gli altri copiano, o gruppi di studenti che bisticciano a causa di conflitti che li dividono. Un esercizio di apprendimento in gruppo si qualifica come attività cooperativa se sono presenti i seguenti cinque elementi: (1) Positiva interdipendenza; (2) Responsabilità individuale; (3) Interazione faccia a faccia; (4) Uso appropriato delle abilità nella collaborazione e (5) Valutazione periodica del lavoro di gruppo. (Cardellini, Felder, 1999, p. 19)

Esperienze con il lavoro di gruppo sono importanti anche nel mondo del lavoro: un importante sito web per l'impiego per studenti universitari elenca il lavoro in team come una delle "abilità speciali" richieste per i dirigenti. (Galanes, Adams, 2019, p. 5) L'apprendimento cooperativo è un metodo di istruzione nel quale gli studenti lavorano insieme in gruppi, con lo scopo di assolvere un compito specifico e che produce significativi miglioramenti: "There is a large body of research literature that provides substantial evidence of the effectiveness of cooperative learning as a pedagogical practice that promotes socialization and learning in students with diverse learning and adjustment needs across different age levels." (Gillies, Ashman, Terwel, 2008, p. 258)

Tra i vantaggi del lavoro in gruppo possiamo elencare: le abilità interpersonali; le abilità nella comunicazione; migliora l'autostima e diminuisce il

livello di ansia (meno enfasi sulla competizione); la comprensione dell'ambiente professionale; la frequenza in classe; migliora le relazioni tra gli studenti; maggiori capacità di ragionare. Altri vantaggi: è un tipo di apprendimento attivo ed interattivo, gli studenti sperimentano e apprendono strategie alternative, i gruppi, a differenza degli individui, davanti alle difficoltà spesso non si arrendono, maggiori e migliori domande in classe da parte degli studenti, elaborazione e ripetizione cognitiva; gli studenti, come noi insegnanti, imparano meglio insegnando. Inoltre, funziona bene con gli approcci che utilizzano l'indagine e il costruttivismo, promuove lo sviluppo sociale, la crescita umana e cognitiva degli studenti, assiste nell'avere la disciplina in classe, migliora l'attitudine verso la materia e la motivazione ad impararla.

Ma usare questo metodo in classe richiede la sua padronanza e rappresenta spesso una sfida “is a challenge that many teachers find difficult to accomplish. Difficulties may occur because teachers often do not have a clear understanding about how to establish effective cooperative groups, the research and theoretical perspectives that have informed this approach, and how they can translate this information into practical classrooms applications.” (Gillies, Ashman, Terwel, 2008, p. 2)

Questo metodo viene usato con una efficacia variabile poiché costituisce una novità e richiede dei cambiamenti rispetto alla lezione tradizionale. Inoltre, le situazioni in cui viene applicato sono molto varie: esperienze in laboratorio; richiamare alla memoria il materiale già spiegato; formulare una domanda; spiegare perché un risultato dato può essere sbagliato; rispondere ad una domanda; pensare ad un esempio o a un'applicazione. Ma ci sono situazioni che hanno obiettivi cognitivi impegnativi, come fare il passaggio successivo in una dimostrazione, iniziare a risolvere un problema su un nuovo argomento, attività di brainstorming, ecc. Tutte queste attività richiedono una sicura gestione della classe da parte dell'insegnante.

La gestione comporta una corretta scansione del tempo, il porre domande e compiti adatti al livello cognitivo della maggior parte degli studenti e in armonia con il proprio bagaglio di esperienza acquisita nel metodo, la valorizzazione dei ruoli, la formazione dei gruppi. Il metodo è utile anche per indurre processi cognitivi di ordine superiore, ad esempio nel problem solving. Gli studenti possono imparare gli uni dagli altri in molti modi: dando e ricevendo aiuto, riconoscendo e risolvendo le contraddizioni tra il proprio modo di ragionare e quello altrui, interiorizzando processi e strategie di problem solving che emergono durante il lavoro di gruppo.

Per meglio comprendere la funzione dell'insegnante in questo contesto, viene riportato uno studio sulla soluzione da parte di gruppi cooperativi di età corrispondente alla seconda classe della scuola superiore di primo grado del seguente problema: “*Find the cost of a 30-minute telephone call to*

prefix 771 where the first minute costs \$0.22 and each additional minute costs \$0.13." (Webb, Farivar, Mastergeorge, 2002, p. 14) Per quanto riguarda gli scambi tra studenti, si va dal "ti faccio copiare quando ho finito" nei gruppi a bassa interazione a scambi di alto livello cognitivo per dare aiuto nei gruppi che comprendono l'importanza del lavorare insieme.

Importante è il ruolo dell'insegnante e le sue responsabilità. "The importance of having students understand how to solve the problems was a recurring and explicit theme in the activities that students carried out during the preparation for group work, the conduct of group work itself, and in the teacher's instructions to the class. ... teachers can structure the task in ways that support learning and understanding. Making understanding the goal of group work is a key element. teachers should model desired behaviors in their interactions with the whole class and with small groups. ... could explicitly address the misconceptions underlying students' errors, trying to discover the basis for them, and providing appropriate explanations." (Webb, Farivar, Mastergeorge, 2002, p. 18)

Considerando il problema del costo, invece di limitarsi a correggere errori ("the first one is 19 cents and then what?" or "and then you have to multiply 12 times what?" or "they cost 12 cents each, so how much is that?"), l'insegnante dovrebbe spiegare le basi concettuali per le procedure, come spiegare la struttura della telefonata con costi separati per il primo minuto e i minuti aggiuntivi e di conseguenza la necessità di separare il tempo della chiamata in due gruppi di minuti. Inoltre, gli insegnanti devono monitorare attivamente il lavoro di gruppo. Certamente assicurarsi che gli studenti lavorino insieme e non escludano nessuno, siano cooperativi e disposti a dare aiuto se richiesto, disposti a chiedere aiuto ai loro compagni nel team e fornire spiegazioni anziché risposte. (Webb, Farivar, Mastergeorge, 2002, pp. 18-19)

Mappe concettuali

Esiste una grande differenza nell'organizzazione della conoscenza tra esperti e studenti: mentre quella degli studenti è frastagliata e spesso formata da isole, quella degli esperti è strutturata e organizzata in efficienti schemi. Infatti, "Experts have a vast repertoire of knowledge that is relevant to their domain or discipline, but only a subset of that knowledge is relevant to any particular problem. Experts do not have to search through everything they know in order to find what is relevant." (Bransford et al., 2000, p. 42)

L'organizzazione della conoscenza è importante perché "*How students organize knowledge influences how they learn and apply what they know*" (Ambrose et al., 2010, p. 4) Infatti, "A challenge in curriculum design and teaching is to enhance students' ability to organize information in a way that makes it available for recall in response to an appropriate context, and with

sufficient generality to be applied in new situations (e.g., critical thinking and problem solving). Increasing emphasis in modern society is placed on enhancing public literacy of major ideas in the disciplines, especially an ability to explain our thoughts and to mobilize arguments to support well-reasoned positions.” (Anderson, 2011, p. 45) Uno strumento utile e conosciuto può essere le mappe concettuali, che hanno il potenziale per il miglioramento dell'apprendimento e dell'insegnamento della chimica e delle scienze. (Novak, Gowin, 1984)

Le mappe concettuali “sono integrate nei sei principi che Novak propone per l'insegnamento e l'apprendimento: (1) gli studenti dovrebbero essere motivati a imparare ... altrimenti non ci sarà alcun apprendimento; (2) gli insegnanti dovrebbero far emergere e attivare le conoscenze pregresse degli studenti, che si tratti di concettualizzazioni corrette o meno; (3) i docenti dovrebbero *organizzare* le conoscenze concettuali che intendono insegnare; (4) i docenti dovrebbero organizzare il contesto educativo in modo da favorire l'apprendimento; (5) i docenti devono essere consapevoli e sensibili verso le conoscenze e le emozioni dei loro studenti; (6) gli insegnanti dovrebbero valutare continuamente le acquisizioni degli studenti allo scopo di orientare opportunamente la didattica e l'apprendimento e motivare gli studenti.” (Shavelson, 2013, p. 11)

Cosa si intende per mappa concettuale? Essenzialmente, una relazione gerarchica tra concetti. “A concept map is a structural representation consisting of nodes and labelled lines. The nodes correspond to important terms (standing for concepts) in the domain. The lines denote a relation between a pair of concepts (nodes), and the label on the line tells how the two concepts are related. The combination of two nodes and a labelled line is called a proposition. A proposition is the basic unit of meaning in a concept map and the smallest unit that can be used to judge the validity of the relation (line) drawn between two concepts.” (Ruiz-Primo, Shavelson, 1996, p. 570) Cosa si intende per concetto? “The fundamental unit of symbolic knowledge ... is the **concept**—an idea about something that provides a means of understanding the world.” (Sternberg, Sternberg, 2012, p. 322)

Le mappe concettuali dovrebbero quindi rappresentare alcuni aspetti importanti della conoscenza dichiarativa di uno studente in un certo argomento di una certa materia (ad es. Chimica, Biologia, Fisica, Matematica, Latino, ecc.), come è strutturata nella propria mente. Nelle Figure 12 e 13 vengono riportati alcuni esempi di mappe concettuali fatte da studenti.

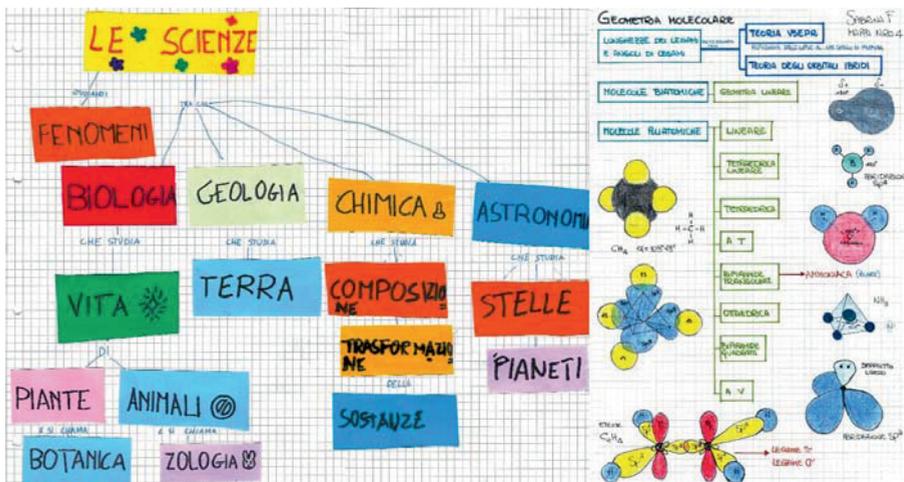


Figura 12. Le mappe concettuali sono utili per tutti gli studenti di ogni ordine e grado.

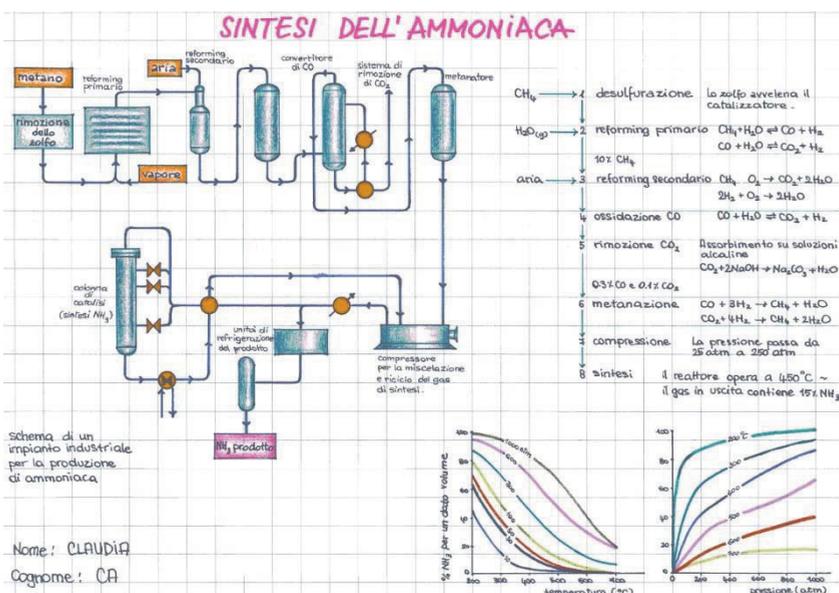


Figura 13. Mappa concettuale sulla sintesi industriale dell'ammoniaca.

Queste mappe si prestano per alcune considerazioni. La mappa “Le scienze” fatta da allievi di quarta elementare che lavoravano in gruppo, riporta una serie di concetti associati, con una certa gerarchia e collegati con delle preposizioni significative. È una mappa ‘dinamica’ in cui i concetti

sono riportati in forma mobile, per poter essere spostati all'occorrenza. Le altre due mappe riportano dei concetti, con esempi, numerose figure e diagrammi e uno schema di un impianto industriale per la sintesi dell' NH_3 , con le reazioni e le condizioni operative. Anche queste rappresentazioni sono schemi concettuali utili per l'autore: la conoscenza viene costruita e memorizzata in modo idiosincratico da ogni individuo.

Come è stato notato, "the same set of concepts can be represented in two or more valid hierarchies. Although we do not understand the specific mechanisms operating in the brain that allow us to store information, it is clear that the neural networks that become established are complex, with many cross connections between functioning brain cells. These networks may account in part for the alternative patterns of meanings available to us when we employ stored concepts to perceive meanings." (Novak, Gowin, 1984, p. 17)

In questi ultimi anni viene studiato il processo cognitivo derivante dal ritrovamento e dalla ricostruzione di informazioni e della conoscenza dalla memoria e questo processo ripetuto produce apprendimento significativo. (Karpicke, 2012) Secondo alcuni dati quantitativi derivanti da uno studio, questo processo cognitivo risulta essere più efficace delle mappe concettuali. (Karpicke, Blunt, 2011)

Problem solving

L'importanza del problem solving nell'acquisizione di capacità cognitive di ordine elevato non deve essere sottovalutata. Lavorare sulla soluzione dei problemi, potenzialmente permette di sviluppare sia la comprensione concettuale che le abilità procedurali: "In understanding procedural knowledge we start with problem solving because it seems that all cognitive activities are fundamentally problem solving in nature." (Anderson, 1995, p. 237) Inoltre, "... problem solving is the most authentic and therefore the most relevant learning activity that students can engage in. ... research has shown that knowledge constructed in the context of solving problems is better comprehended, retained, and therefore more transferable. ... problem solving requires intentional learning. ... Therefore, the primary purpose of education should be to engage and support learning to solve problems." (Jonassen, 2011, pp. xvii-xviii)

Diversi studiosi ritengono il problem solving essere l'attività centrale della cognizione umana: "It is peculiar that causal inference does not get more play in mainstream cognitive psychology because it has to be one of the key organizing constructs of human cognition. It is central to problem solving, and some of us (Anderson, Newell, Tolman) see problem solving as particularly central to human cognition." (Anderson, 1990, p. 150)

Diverse abilità e variabili cognitive vengono attivate nella risoluzione di

un problema: “One of the important factors that affect problem solving is the relevant knowledge of basic scientific definitions and principles that exist in the problem solver’s mind. ... Another important factor that affects problem solving is the integrating and assimilating (subsuming) effects of the cognitive structure. ... meaningful learning involves effective linking between new knowledge and existing cognitive structure. Three aspects of linkage are important in learning processes in science. These include: (1) internal linkage in a cognitive structure; (2) activation of a particular part of cognitive structure for learning; and (3) external linkage between an existing cognitive structure and the new learning content.” (Lee et al., 1996, p. 693)

Dagli studi sulle difficoltà degli studenti nella soluzione dei problemi si possono trarre utili insegnamenti per rendere il processo un evento significativo. Spesso si ricorre all’uso delle formule o di algoritmi risolutivi senza comprendere il significato concettuale richiesto: “Sue views her primary task in the educational system as memorizing rules and algorithms. She must then practice those rules until she can apply them flawlessly. ... she does not associate the symbols and numerical answers that she generates with real objects and events. She applied rules correctly when the context of the application was clear from the problem statement. However, when problems required the integration of algebra, chemistry, and reasoning, she was unsuccessful.” (Herron, Greenbowe, 1986, p. 530)

Non è possibile risolvere con successo i problemi in modo significativo se non si possiedono le abilità necessarie e la conoscenza concettuale: “problem solving could be made more meaningful and students might become more successful if problems were presented in such a way that students could see the relationship between the problem, the phenomena on which the problem is based and the microscopic representation of that phenomena.” (Gabel, Bunce, 1994, p. 320)

Un modo efficace e potente di apprendere e ragionare è il ricorso al ragionamento analogico: si tratta di un processo mentale complesso che può essere decomposto e meglio compreso in una serie successiva di step. “one or more relevant analogs stored in long-term memory must be *accessed*. A familiar analog must be *mapped* to the target analog to identify systematic correspondences between the two, thereby aligning the corresponding parts of each analog. The resulting mapping allows analogical *inferences* to be made about the target analog, thus creating new knowledge to fill gaps in understanding. These inferences need to be evaluated and possibly *adapted* to fit the unique requirements of the target. Finally, in the aftermath of analogical reasoning, *learning* can result in the generation of new categories and schemas, the addition of new instances to memory, and new understandings of old instances and schemas that allow them to be accessed better in the future.” (Gentner, Holyoak, Kokinov, 2001, pp. 9-10)

Esiste una differenza profonda tra ciò che la sfida cognitiva del problema propone e la soluzione di un esercizio. Un esercizio è quando le informazioni disponibili del compito affrontato sono complete, il metodo è conosciuto e lo scopo è definito. (Johnstone, 1993, p. v) Esiste un problema “Whenever there is a gap between where you are now and where you want to be, and you don't know how to find a way to cross the gap, you have a problem.” (Hayes, 1989, p. xii) Un'utile definizione di problem solving è la seguente: “A strategy used to apply all previously acquired knowledge and experience to new situations and challenges.” (Collins III, O'Brien, 2011, p. 369) Si può parlare di problem solving se si verificano due condizioni: 1) c'è un gap tra dove si è e dove si vuole arrivare; 2) non è immediatamente evidente il processo che permette di risolvere il problema. Questa attività si esplica al meglio in base alle conoscenze ed esperienze precedentemente acquisite in modo significativo.

La soluzione riflessiva dei problemi è una delle attività importanti nelle scuole elementari; ad esempio un compito in una classe seconda che segue il metodo Montessori: *“Nel problema elimina i dati inutili, trascrivi quelli utili, poi risolvi. Sara ha comprato due scatole di matite colorate e 3 quaderni. Ogni scatola contiene 5 matite colorate. Quante matite colorate ha comprato in tutto Sara? Nel seguito: Dati; Operazione; Risposta.”* L'operazione di eliminare i dati inutili e quella di suddividere il processo risolutivo in più step (Dati, Operazione, Risposta) sono utili anche per ridurre il carico cognitivo della memoria di lavoro, il che permette una capacità maggiore di elaborare le informazioni.

Questionario sull'autoefficacia

Nel 2014, verso la fine del progetto è stato proposto agli insegnanti maggiormente coinvolti un questionario sull'autoefficacia. L'autoefficacia (Self-efficacy) è la convinzione di ciò che si è in grado di fare e non è la stessa cosa che sapere cosa fare. Una definizione: *“Self-efficacy ... refers to perceived capabilities to learn or perform behaviors at designated levels. Self-efficacy is a cognitive belief.”* (Schunk, 2012, p. 58) Il questionario che consiste di 20 affermazioni è stato progettato per misurare quattro variabili: efficacia nel coinvolgimento degli studenti; efficacia nelle strategie didattiche; efficacia nell'insegnamento basato sull'inquiry ed efficacia nelle strategie PROFILES. Le risposte alla domanda “Quanto riesce a fare?” prevedevano una scala Likert a 9 alternative di risposta (1 = niente; 9 = molto).

Il questionario è stato inviato a oltre 400 insegnanti considerati tra quelli più vicini alla filosofia del progetto e 34 insegnanti hanno restituito il questionario compilato; l'autovalutazione ha prodotto un punteggio per la quattro variabili compreso tra 7,15 e 7,46. Forse non si è abituati a valutare

il proprio impatto nella classe e il proprio insegnamento. Inoltre, non essendo anonimo è imbarazzante dover far conoscere questa autovalutazione. Conoscendo il valore di questi insegnanti, il punteggio è stato dato 'con manica stretta'.

Interesse e motivazione

Interesse e motivazione sono variabili psicologiche che non si possono misurare direttamente, ma che sono intimamente connesse con l'apprendimento perché in molte maniere lo influenzano. La motivazione è un processo in cui iniziano e vengono sostenute le attività dirette verso degli obiettivi: "*Motivation* is the process of instigating and sustaining goal-directed behavior. This is a cognitive definition because it postulates that learners set goals and employ cognitive processes (e.g., planning, monitoring) and behaviors (e.g., persistence, effort) to attain their goals." (Schunk, 2012, p. 346)

Molte variabili e fattori influenzano la motivazione; è stato fatto cenno alla rilevanza del materiale. Certamente i genitori, l'ambiente sociale e la cultura della scuola, amici e compagni di scuola, l'ambiente di apprendimento e il rapporto emotivo con gli insegnanti. In molti casi gioca un ruolo importante la concezione della propria abilità: "Children's conceptions of ability play a pivotal role in their achievement motivation. During grade school and middle school, critical changes take place in these conceptions and their influence on achievement motivation. It is during this time that children come to fully understand the idea of ability as a potentially stable trait of the self; to reason fluently about the relations among intellectual ability, effort, and performance; and, perhaps most important, to show a coherent relation both among their achievement beliefs and between their ability beliefs and their motivation. As these conceptions develop, children become more concerned about their ability and more sensitive to evaluation, especially negative evaluation." (Dweck, 2002, p. 57)

Per invogliare l'impegno nella classe, la dimensione affettiva dovrebbe essere inclusa tra gli obiettivi dell'insegnamento: "We believe that the goals of teaching and learning science include knowledge (cognition), emotion and motivation." (Shavelson, Ruiz-Primo, Wiley, 2005, p. 414) L'interesse ingloba sia la dimensione affettiva che quella motivazionale; infatti, "interest ... has both an affective and a cognitive component. ... In recognizing the strong affective component of interest, many researchers went as far as arguing that interest is a basic emotion. ... An additional important aspect of considering emotions/affect to be an essential component of interest is that it allows the integration of psychological and neuroscientific approaches." (Hidi, 2006, p. 71)

Curiosità ed interesse sono altri fattori motivanti che permettono di rag-

giungere prestazioni migliori. Risulta che la combinazione di curiosità e impegno può essere altrettanto influente sul rendimento scolastico al pari dell'intelligenza. "Curiosity and interest can function as motivators in academic settings either directly or indirectly. ... when individuals become curious, they are more motivated to seek unknown information. This motivation to gain information is so powerful that even young infants are known to engage in exploration when faced with unexpected situations. ... even though intelligence is the strongest predictor of academic performance, the combination of curiosity and effort can be just as influential. ... Like curiosity, interest has been found to motivate learners and to eventually result in better performance." (Shin et al., 2019, p. 450)

La motivazione degli studenti è stata definita come "a student's tendency to find academic activities meaningful and worthwhile and to try to get the intended learning benefits from them." (Brophy, 2004, p. 249) Gli aspetti motivazionali sono fondamentali nel progetto PROFILES e per questo molte energie sono state spese per realizzare uno studio della motivazione e dei guadagni degli studenti; questo studio è stato pianificato dopo l'incontro del consorzio PROFILES in Porto (ottobre 2013) e svolto in due tempi: all'inizio e alla fine dell'anno scolastico.

Lo strumento utilizzato è stato il questionario MoLE (Motivational Learning Environment; Bolte, 2006). Si compone (Questionario 2, in Appendice) di 14 affermazioni e considera sette importanti dimensioni del coinvolgimento degli studenti: comprensione della materia / requisiti; il contenuto della materia; opportunità di partecipazione; soddisfazione personale; rilevanza della materia; cooperazione nella classe, impegno richiesto e disponibilità individuale a partecipare (Bolte et al., 2013, p. 75).

Il numero totale di questionari raccolti è stato di 2.344; 1.913 al primo round (che ha coinvolto 91 classi: 1771 studenti (ss) PROFILES; 142 ss non PROFILES) e 431 alla fine dell'anno scolastico (23 classi). Il numero inferiore di questionari alla fine dell'anno scolastico è dovuto all'impegno degli insegnanti nelle interrogazioni e compiti in classe. Hanno partecipato scuole delle Marche, di Fossano, Perugia e Torino. Le scuole coinvolte al primo round sono state: elementari (4 classi; 80 ss), scuola media (9 classi; 187 ss) e scuole secondarie (78 classi; 1.646 ss). Le scuole secondarie superiori: scuole professionali (11 classi; 170 ss), Liceo classico e scientifico (42 classi; 1.015 ss), ITIS e Geometri (25 classi; 461 ss).

Le materie coinvolte sono: Biologia (10 classi, 225 ss); Chimica (44 classi, 826 ss); Inglese (8 classi, 211 ss); Italiano (9 classi, 141 ss); Matematica (24 classi, 523 ss); Fisica (4 classi, 127 ss); Science (6 classi, 137 ss); Sistemi e reti (9 classi, 154 ss). La distribuzione delle materie scolastiche è mostrata nella Figura 14.

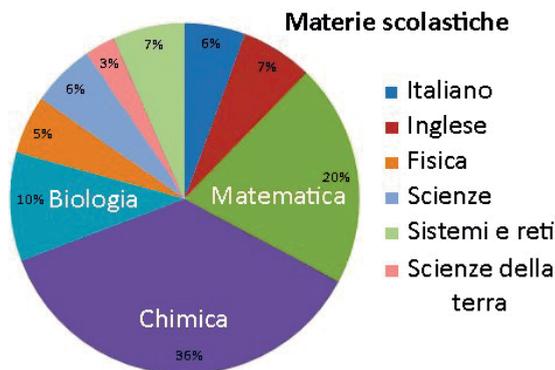


Figura 14. Chimica, matematica, biologia e inglese sono le materie con il maggior numero di questionari (N = 2.344).

Il questionario consiste di due parti; una reale e una ideale e la differenza tra la situazione ideale (l'insegnamento come lo studente vorrebbe che fosse condotto) e la situazione reale (l'insegnamento come viene condotto, dal punto di vista dello studente) dà un'indicazione dei possibili miglioramenti. I dati sono stati elaborati per trovare delle correlazioni: una prima correlazione cercata è stata quella tra gli studenti con insegnanti che utilizzano le idee del progetto PROFILES e i 142 studenti di altri insegnanti. Viene calcolato il valor medio di ciascuna delle sette dimensioni e fatta la differenza tra la situazione ideale e quella reale. I risultati in forma grafica, sono riportati nella Figura 15.

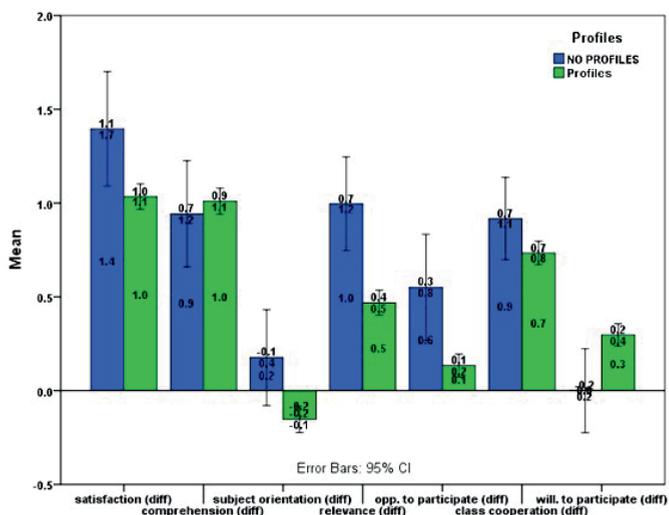


Figura 15. Differenze nelle sette dimensioni valutate dal questionario MoLE tra studenti PROFILES e altri studenti.

Un altro dato interessante è la differenza nelle opinioni degli studenti tra il primo e il secondo round, degli stessi studenti. I risultati in forma grafica, sono riportati nella Figura 16.

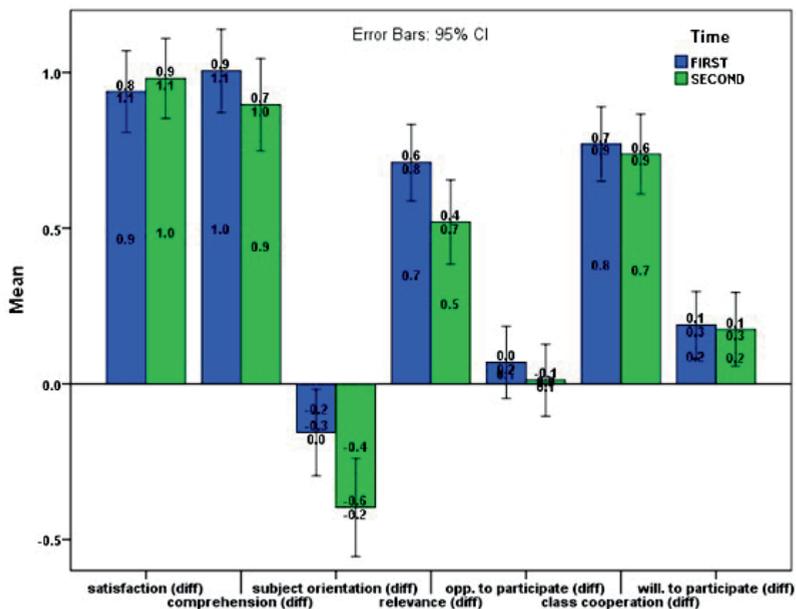


Figura 16. Differenze nelle sette dimensioni valutate dal questionario MoLE tra studenti PROFILES nel primo e il secondo round.

In generale, questi risultati non sono molto incoraggianti al fine di dimostrare l'efficacia delle idee del metodo per quanto riguarda la motivazione; altri indicatori, raccontano una realtà diversa. Uno dei motivi è che la motivazione è difficile da misurare con un questionario, perché "To be motivated means *to be moved* to do something." (Ryan, Deci, 2000, p. 54) Probabilmente, misurare un comportamento oggettivo con un questionario soggettivo non sempre produce risultati affidabili.

Tra gli studenti considerati nei risultati riportati in Figura 15, sono inclusi studenti altamente motivati nello studio delle materie scolastiche e impegni legati alla scuola, studenti motivati dai loro insegnanti (Figure 17 e 18) e studenti assolutamente non motivati. Ciò che risulta dall'elaborazione dei dati non riflette la grande differenza di comportamento nei confronti dell'impegno degli studenti a scuola e nelle materie considerate. Per quanto riguarda la volontà a partecipare, ciò che risulta dall'elaborazione è che gli altri studenti sono soddisfatti, mentre vorrebbero maggiori opportunità di essere coinvolti. Considerando il contenuto della materia, gli studenti PROFILES si sentono avvantaggiati e questo vantaggio aumenta con il comple-

tarsi dell'anno scolastico.

I sondaggi sono utili e persino necessari per fornire dati numerici che permettono di valutare l'impatto dell'insegnamento e ottenere indicazioni per migliorarlo. Ma la misura dell'attitudine e della motivazione è difficile e i questionari sono semplicemente meglio di niente, o, come correttamente affermato da Bolte (2006), sono "As good as it gets." Alcuni costrutti psicologici sono difficili sia da misurare che da modificare: esistono suggerimenti e osservazioni, ma non ricette per incoraggiare attitudine, interesse e motivazione: "There is not one single recipe (or set of recipes) to foster students' motivation and interest in chemistry education. Every student reacts individually to options given by teachers, be it the themes or methods." (Bolte, Streller, Hofstein, 2013, p. 83)

Ci sono molte evidenze dei vantaggi che il progetto PROFILES ha portato agli studenti, come verrà riportato nella seconda parte. Molti degli studenti che hanno proseguito negli studi, sono risultati tra i migliori dei corsi all'università. Inoltre, gli insegnanti sono rispettati dai loro colleghi e dai dirigenti e hanno attratto altri insegnanti alle idee e alle pratiche del progetto. Insegnanti capaci di avere un impatto nei processi di apprendimento e insegnamento catturando l'interesse e coinvolgendo i loro studenti in entusiasmanti progetti, a volte molto impegnativi, certamente hanno raggiunto l'eccellenza nella professione, come verrà riportato nella seconda parte.



Figura 17. Insegnanti e studenti partecipanti all'opera rock *Historock* 2014. Progetto sviluppato dal Prof. Romano Firmani, Liceo scientifico 'Antonio Orsini', Ascoli Piceno.



Figura 18. Teatro Ventidio Basso e palco di Historock 2015. Quante prove sono necessarie per preparare una rappresentazione di buon livello capace di soddisfare il pubblico? © Alberto Luciani.

Bibliografia

- G. S. Aikenhead, Chemistry and Physics instruction: Integration, ideologies, and choices. *Chemistry Education Research and Practice*, **4**, (2), 115-130, 2003.
- G. S. Aikenhead, *Science education for everyday life. Evidence-based practice*. Teachers College Press: New York, 2006.
- S. A. Ambrose, M. W. Bridges, M. DiPietro, M. C. Lovett, M. K. Norman, *How learning works. Seven research-based principles for smart teaching*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2010.
- J. R. Anderson, *The adaptive character of thought*. Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ, 1990.
- J. R. Anderson, *Cognitive psychology and its implications*. Fourth Ed. W. H. Freeman: New York, 1995.
- J. Anderson, A. Shendruk, *The best students in the world, charted*. 2019. Online at: <https://qz.com/1759506/pisa-2018-results-the-best-and-worst-students-in-the-world/>
- O. R. Anderson, Brain, mind, and the organization of knowledge for effective recall and application. *LEARNing Landscapes*, **5** (1), 45-61, 2011.
- D. Bianchini, F. M. Foresi, G. Paccazzocco, C. Principi, L. Cardellini, Altre esperienze dal progetto PROFILES: la chimica in cucina. *La Chimica nella Scuola*, **40** (4), 43-89, 2018.
- C. Bolte, As good as it gets: The MoLE-instrument for the evaluation of science instruction. *Proceedings of the Annual Meeting of the National Association for the Research on Science Education (NARST)*, San Francisco, USA, Aprile 2006.
- C. Bolte, S. Streller, A. Hofstein, How to motivate students and rise their interest in chemistry education. In I. Eilks, A. Hofstein (Eds.), *Teaching Chemistry – A studybook. A practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers* (pp. 67-85). Sense Publishers: Rotterdam, The Netherlands, 2013.
- J. D. Bransford, A. L. Brown, R. R. Cocking, M. S. Donovan, J. W. Pellegrino (Eds.), *How people learn: Brain, mind, experience, and school*: Expanded Edition. National Academy of Sciences: Washington, D.C., 2000.
- R. Brent, R. M. Felder, Random thoughts: How learning works. *Chemical Engineering Education*, **45** (4), 257-258, 2011.
- J. Brophy, *Motivating students to learn*. Lawrence Erlbaum: Mahwah, NJ, 2004.

- L. Cardellini, Advocating science for all: An interview with Peter J. Fensham. *Journal of Chemical Education*, **90** (6), 735-740, 2013.
- L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo: un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, **21** (1), 18-25, 1999.
- L. Cardellini, G. Tsaparlis, Problem solving. *La Chimica nella Scuola*, **20** (3), 86-93, 1998.
- J. W. Collins III, N. P. O'Brien (Eds), *The Greenwood dictionary of education*, 2nd Ed. Greenwood: Santa Barbara, CA, 2011.
- D. K. Criddle, Book review. *Journal of Adult Education*, **45** (1), 19-20, 2016.
- G. Crosling, M. Heagney, L. Thomas, Improving student retention in higher education. Improving teaching and learning. *Australian Universities' Review*, **51** (2), 9-18, 2009.
- N. C. Dalkey, O. Helmer, An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management Science*, **9** (3), 458-467, 1963.
- C. S. Dweck, The development of ability conceptions. In A. Wigfield, J. S. Eccles (Eds.), *Development of achievement motivation* (pp. 57-88). Academic Press: San Diego, CA, 2002.
- S. Duggan, R. Gott, What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education*, **24** (7), 661-679, 2002.
- I. Eilks, A. Hofstein, Curriculum development in science education. In K. S. Taber, B. Akpan (Eds.), *Science education. An international course companion* (pp. 169-181). Sense Publishers: Rotterdam, The Netherlands, 2017.
- G. Galanes, K. Adams, *Effective group discussion. Theory and practice*, 15th Ed. McGraw-Hill Education: New York, 2019.
- D. L. Gabel, D. M. Bunce, Research on problem solving: Chemistry. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning. A project of the National Science Teacher Association* (pp. 301-326). Macmillan: New York, 1994.
- D. Gentner, K. J. Holyoak, B. K. Kokinov, Introduction. In D. Gentner, K. J. Holyoak, B. K. Kokinov (Eds.), *The analogical mind. Perspectives from cognitive science* (pp. 1-19). The MIT Press: Cambridge, MA, 2001.
- R. M. Gillies, A. F. Ashman, J. Terwel, Concluding remarks. In R. M. Gillies, A. F. Ashman, J. Terwel (Eds.), *The teacher's role in implementing cooperative learning in the classroom* (pp. 258-261). Springer Science+Business Media: New York, 2008.
- J. R. Hayes, *The complete problem solver*, 2nd Ed. Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1989.
- R. M. Hazen, J. Trefil, *Science matters. Achieving scientific literacy*. Anchor Books: New York, 2009.
- J. Hattie, G. C. R. Yates, *Visible learning and the science of how we learn*. Routledge: New York, 2014.
- J. D. Herron, T. J. Greenbowe, What can we do about Sue: A case study of competence. *Journal of Chemical Education*, **63** (6), 528-531, 1986.
- S. Hidi, Interest: A unique motivational variable. *Educational Research Review*, **1** (2), 69-82, 2006.
- J. Holbrook, Making chemistry teaching relevant. *Chemical Education International*, **6** (1), 2005.

- J. Holbrook, M. Rannikmäe, The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, **29** (11), 1347-1362, 2007.
- J. Holbrook, M. Rannikmäe, The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, **4** (3), 275-288, 2009.
- J. Holbrook, M. Rannikmäe, The philosophy and approach on which the PROFILES project is based. *Center for Educational Policy Studies Journal*, **4** (1), 9-29, 2014.
- INVALSI, 2019. *I risultati di OCSE PISA 2018*. Online at: <https://www.invalsiopen.it/risultati-ocse-pisa-2018/>
- A. H. Johnstone, Introduction. In C. A. Wood, (Ed.), *Creative problem solving in Chemistry* (pp. iv-vi). (The Royal Society of Chemistry: London, 1993).
- D. H. Jonassen, *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. Routledge: New York, 2011.
- J. D. Karpicke, Retrieval-based learning: Active retrieval promotes meaningful learning. *Current Directions in Psychological Science*, **21** (3), 157-163, 2012.
- J. D. Karpicke, J. R. Blunt, Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. *Science*, **331** (6018), 772-775, 2011.
- J. J. Lagowski, Faculty attitudes and student retention. *Journal of Chemical Education*, **69** (3), 173, 1992.
- K.-W. L. Lee, N.-K. Goh, L.-S. Chia, C. Chin, Cognitive variables in problem solving in chemistry: A revisited study. *Science Education*, **80** (6), 691-710, 1996.
- J. W. Little, Assessing the prospects for teacher leadership. In A. Lieberman (Ed.), *Building a professional culture in schools* (pp. 78-105). Teachers College Press: New York, 1988.
- T. Lyons, The puzzle of falling enrolments in physics and chemistry courses: Putting some pieces together. *Research in Science Education*, **36** (3), 285-311, 2006.
- J. Murphy, *Connecting teacher leadership and school improvement*. Corwin Press: Thousand Oaks, CA, 2005.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *How people learn II: Learners, contexts, and cultures*. The National Academies Press: Washington, DC, 2018.
- J. D. Novak, Application of advances in learning theory and philosophy of science to the improvement of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, **61** (7), 607-612, 1984.
- J. D. Novak, L. Cardellini, Mappe concettuali: Fondamenti teorici per l'uso nell'insegnamento. *IS Informatica & Scuola*, **12** (2), 14-17, 2004.
- J. D. Novak, D. B. Gowin, *Learning how to learn*. Cambridge University Press: New York, 1984.
- J. G. Nyquist, R. Jubran, Book review. *The Journal of Chiropractic Education*, **26** (2), 192-193, 2012.
- OECD, *Sample Tasks from the PISA 2000 Assessment. Reading, mathematical and scientific literacy*. Paris, 2002.
- OECD, *Learning for tomorrow's world. First results from PISA 2003*. Paris, 2004.
- OECD, PISA 2012 results in focus. What 15-year-olds know and what they can do with what they know. 2014.
- OECD, What are the advantages today of having an upper secondary qualification? *Education Indicators in Focus*, **34**, 2015. Online at:

[https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5jrw5p4jn426-en.pdf?](https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5jrw5p4jn426-en.pdf?expires=1584617288&id=id&accname=guest&checksum=6B8F72191068CE9FB2BCD59E2F0296F4)

[expires=1584617288&id=id&accname=guest&checksum=6B8F72191068CE9FB2BCD59E2F0296F4](https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5jrw5p4jn426-en.pdf?expires=1584617288&id=id&accname=guest&checksum=6B8F72191068CE9FB2BCD59E2F0296F4)

S. Ohlsson, The interaction between knowledge and practice in the acquisition of cognitive skills. In S. Chipman, A. L. Meymwitz (Eds.), *Foundations of knowledge acquisition. Cognitive models of complex learning* (pp. 147-208). Kluwer Academic Publishers: New York, 1993.

J. E. Ormrod, *How we think and learn. Theoretical perspectives and practical implications*. Cambridge University Press: New York, 2017.

J. Osborne, S. Collins, *Pupils' and parents' views of the school science curriculum*. King's College London: London, 2000.

PARSEL, 2006. Online at:

<http://icaseonline.net/parse/parse.uni-kiel.de/cms/indexe435.html?id=home>.

M. Rocard, P. Csermely, D. Jorde, D. Lenzen, H. Walberg-Henriksson, V. Hemmo, *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*, Directorate General for Research, Science, Economy and Society, Brussels 2007. Retrieved 03/12/2016, from

http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf.

W.-M. Roth, A. Calabrese Barton, *Rethinking scientific literacy*. Taylor & Francis: New York, 2004.

M. A. Ruiz-Primo, R. J. Shavelson, Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, **33** (6), 569-600, 1996.

J. Rudduck, J. Flutter, Pupil participation and pupil perspective: 'carving a new order of experience', *Cambridge Journal of Education*, **30** (1), 75-89, 2000.

R. M. Ryan, E. L. Deci, Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, **25** (1), 54-67, 2000.

T. D. Sadler, Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, **41** (5), 513-536, 2004.

D. H. Schunk, *Learning theories. An educational perspective*. 6th Ed. Pearson Education: Boston, MA, 2012.

Seventh framework programme. *Supporting and coordinating actions on innovative methods in science education: teacher training on inquiry-based teaching methods on a large scale in Europe*. Grant Agreement No.: 266589, 2010.

R. J. Shavelson, Prefazione. In J. D. Novak, *Costruire mappe concettuali. Strategie e metodi per utilizzarle nella didattica* (pp. 9-11). Erickson: Trento, 2013.

R. J. Shavelson, M. A. Ruiz-Primo, E. W. Wiley, Windows into the mind. *Higher Education*, **49** (4), 413-430, 2005.

D. F. Shell, D. W. Brooks, G. Trainin, K. M. Wilson, D. F. Kauffman, L. M. Herr, *The unified learning model. How motivational, cognitive, and neurobiological sciences inform best teaching practices*. Springer: New York, 2010.

D.-J. D. Shin, H. J. Lee, G. Lee, S. Kim, The Role of curiosity and interest in learning and motivation. In K. A. Renninger, S. Hidi (Eds.), *The Cambridge handbook of motivation and learning* (443-464). Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2019.

- L. S. Shulman, Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, **15** (2), 4-14, 1986.
- L. S. Shulman, PCK: Its genesis and exodus. In A. Berry, P. Friedrichsen, J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 3-13). Routledge: New York, 2015.
- R. J. Sternberg, K. Sternberg, *Cognitive Psychology*, Sixth Ed. Wadsworth, Cengage Learning: Belmont, CA, 2012.
- H. Thiry, What enables persistence? In E. Seymour, A.-B. Hunter (Eds.), *Talking about leaving revisited. Persistence, relocation, and loss in undergraduate STEM education* (pp. 399-436). Springer Nature Switzerland: Cham, Switzerland, 2019.
- T. Townsend, Changing understandings of school leadership. In T. Townsend (Ed.), *Instructional leadership and leadership for learning in schools. Understanding theories of leading* (pp. 1-12). Palgrave Macmillan: Cham, Switzerland, 2019.
- N. M. Webb, S. H. Farivar, A. M. Mastergeorge, Productive helping in cooperative groups. *Theory Into Practice*, **41** (1), 13-20, 2002.
- R. N. Zare, No more pencils, no more books. 2008 George C. Pimentel award, sponsored by Rohm and Haas Co. *Journal of Chemical Education*, **86** (2), 142-144, 2009.

Appendice

Questionario 1. Terzo questionario dello studio sull'insegnamento delle materie scientifiche.

Concetti	Scuola	Quale priorità dovrebbe avere ciascuno dei 3 concetti nell'educazione scientifica?	Con riferimento all'attuale educazione scientifica, quanto pensa siano messi in pratica i concetti?
		1 = priorità molto bassa 2 = priorità bassa 3 = priorità piuttosto bassa 4 = priorità piuttosto alta 5 = priorità alta 6 = priorità molto alta	1 = molto poco 2 = poco 3 = piuttosto poco 4 = abbastanza 5 = molto 6 = moltissimo
Concetto A: Fare in modo che gli studenti siano motivati a migliorare il proprio apprendimento, favorire l'interazione tra gli studenti e migliorare le loro capacità comunicative.	Scuola materna	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuola elementare	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole medie	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole superiori	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
Concetto B: Sviluppo intellettuale in relazione alla ricerca scientifica attuale, allo sviluppo tecnologico e alle possibilità di occupazione	Scuola materna	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuola elementare	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole medie	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole superiori	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
Concetto C: Sviluppo generale della personalità tramite aspetti metodologici innovativi (cooperative learning, mappe concettuali, tecniche di problem solving ecc. ...) che promuovano l'indagine scientifica.	Scuola materna	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuola elementare	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole medie	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole superiori	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]

10. Durante la lezione di chimica possiamo ... sempre mai ...
porre domande al docente riguardo alla lezione.
11. Nelle lezioni di chimica in classe c'è collaborazione ...
per niente molta.
12. Alla lezione di chimica la classe davvero ...
partecipa con impegno non si sforza minimamente.
13. I miei sforzi per comprendere l'argomento della materia nelle lezioni di chimica sono ...
enormi minimi.
14. Nelle lezioni di chimica io ...
partecipo sempre attivamente non ho mai provato a partecipare.

CHIMICA 2013

Questionario 2 - Corso IDEALE

In questa pagina viene chiesto di scegliere **come vorrei che fosse** la lezione di chimica!

1. Per me è ...
molto importante assolutamente ininfluyente ...
che le lezioni di chimica siano piacevoli.
2. Per me è ...
molto significativo assolutamente ininfluyente ...
il potermi trovare a mio agio durante le lezioni di chimica.
3. Per me è ...
indispensabile assolutamente ininfluyente ...
capire l'argomento spiegato durante la lezione di chimica.
4. Per me è ...
molto utile assolutamente ininfluyente ...
l'avere tempo per ragionare sulle domande poste durante le lezioni di chimica.
5. Per me è ...
fondamentale assolutamente ininfluyente ...
che le lezioni di chimica spieghino la composizione o la formazione delle sostanze.
6. Per me è ...
fondamentale assolutamente irrilevante ...
che le lezioni di chimica riguardino esperimenti di laboratorio.
7. Per me è ...
molto importante assolutamente irrilevante ...
che gli argomenti trattati nelle lezioni di chimica mi siano utili (per la vita di tutti i giorni).

8. Gli argomenti trattati nelle lezioni di chimica per me è ...
molto importante assolutamente ininfluyente ...
che siano significativi la mia vita sociale e con gli amici.
9. Per me è ...
molto importante assolutamente ininfluyente ...
che il nostro insegnante di chimica prenda in considerazione le nostre necessità.
10. Per me è ...
molto importante assolutamente irrilevante ...
il poter sempre porre domande al professore riguardo alla lezione.
11. Mi piace quando c'è spirito di collaborazione in classe ...
per niente moltissimo ... durante le lezioni di chimica.
12. Nelle lezioni di chimica preferisco quando tutta la classe ...
ci si mette d'impegno non si sforza affatto.
13. Nelle lezioni di chimica io preferirei ...
dovermi sforzare davvero non faticare.
14. Nelle lezioni di chimica mi piacerebbe ...
partecipare non partecipare.



Developed by: Nina Bertels & Claus Bolte (2009) Cib
Institution: Department of Chemistry Education, Freie Universität Berlin – Germany
Homepage: www.chemie.fu-berlin.de/didaktik - Mail: didaktik@chemie.fu-berlin.de
Adapted by: FUB-PROFILES Working Group (2011) www.profiles-projects.eu



Finito di stampare nel mese di giugno del 2020
dalla tipografia «The Factory S.r.l.»
00156 Roma – via Tiburtina, 912
per conto della «Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale» di Canterano (RM)