

## IL PROGETTO “PICCOLI SCIENZIATI”: MODELLIZZAZIONE E COLLABORAZIONE

**Enrico Gilberti<sup>[1]</sup>, Cristina Mariani<sup>[2]</sup>, Federico Corni<sup>[3]</sup>,**

<sup>[1]</sup> Dipartimento dell’Educazione e Scienze Umaniste, Facoltà di Scienze della Formazione, Università di Modena e Reggio Emilia

<sup>[2]</sup> Scuola di Dottorato in Scienze Umane, Indirizzo Didattica delle Scienze, Facoltà di Scienze della Formazione, Università di Modena e Reggio Emilia; Istit. Comprensivo di Tione (TN)

<sup>[3]</sup> Dipartimento di Fisica e Facoltà di Scienze della Formazione, Università di Modena e Reggio Emilia

### **Abstract**

La modellizzazione costituisce uno degli strumenti fondamentali per la descrizione e la comprensione dei fenomeni che osserviamo quotidianamente. Il pensiero umano per molti suoi processi fa uso di modelli mentali, che costituiscono la base del ragionamento e del linguaggio. È quindi fondamentale utilizzare strategie e strumenti che favoriscano e rinforzino questa abilità e che permettano di esplicitare e rendere oggetto di discussione e confronto i modelli mentali. Un modo per costruire e rappresentare i modelli è costituito dai software di modellizzazione, fra i quali spiccano i software di modellizzazione dinamica, che permettono cioè esplorare le relazioni fra le variabili presenti nel modello.

In questo contributo, dopo una breve trattazione dei temi della modellizzazione e della collaborazione, si presenta la proposta di utilizzo di un software, MLE-Energy, che consente di rappresentare in forma iconica, attraverso alcuni semplici simboli, i trasferimenti di energia. Tale software può essere utilizzato per facilitare un processo di modellizzazione già a partire dalla scuola primaria, permette di creare catene di energia a partire da fenomeni osservati, sperimentati o presentati a partire da suggestioni diverse come ad esempio riviste, libri di testo o filmati.

Saranno analizzate alcune caratteristiche del software che ne permettono l’utilizzo in modo collaborativo fra alunni di una stessa classe o anche di classi diverse. Infine si suggeriranno alcuni percorsi collaborativi rivolti agli insegnanti che a diversi livelli sperimenteranno l’utilizzo del software in classe.

### **1. Modelli e modellizzazione**

L’importanza della modellizzazione è ben nota nella ricerca didattica in ambito scientifico (Gilbert, Boulter, 2000). Un modello è una rappresentazione semplificata o parziale della realtà che ne mostra alcuni aspetti e ne facilita la comprensione. Un modello permette di definire alcuni aspetti della realtà che vuole rappresentare in modo chiaro e univoco, favorendone la comprensione. L’attività di modellizzazione raccoglie aspetti diversi: individuare gli elementi specifici e rilevanti di un fenomeno, scegliere la modalità migliore per rappresentarli, individuare e gestire le relazioni fra gli elementi.

Tradizionalmente, nell’ambito scientifico, i modelli sono costituiti da relazioni matematiche che legano fra loro le diverse grandezze implicate nella descrizione di un fenomeno. Nella scuola primaria tali modelli sono sempre

stati di difficile utilizzo in quanto gli alunni non hanno ancora acquisito la necessaria familiarità con la scrittura formale di tali relazioni. Si rende quindi necessario offrire alla scuola primaria strumenti per la modellizzazione che non facciano uso della notazione formale e della rappresentazione delle relazioni in forma matematica. In particolare si possono utilizzare il codice iconico attraverso alcuni semplici simboli che gli alunni possono imparare a riconoscere e ad utilizzare.

Tali modelli possono essere utilizzati per descrivere o narrare esperienze vissute direttamente dagli alunni o osservate durante un'attività sperimentale o provenienti dal bagaglio di esperienze che l'insegnante o ciascun alunno può portare a conoscenza della classe. Possono inoltre essere utilizzati per rappresentare in modo simbolico visuale o gestuale le relazioni che esistono fra gli elementi o le parti di un sistema più complesso. L'attività di modellizzazione può portare gli alunni e formulare ipotesi sul comportamento di un sistema a fare previsioni e a verificarle. Anche l'allestimento degli esperimenti necessari alla verifica di tali ipotesi può trarre vantaggio dalle attività di modellizzazione in quanto i riferimenti a singole parti e alle relazioni che sussistono tra di esse possono risultare molto più chiari e non ambigui. Quando, infine, si tratterà di verificare la congruenza dei risultati, ottenuti sperimentalmente o noti, con i risultati attesi generati dal modello, quest'ultimo potrà costituire un riferimento che consentirà di concentrarsi sugli aspetti rilevanti del fenomeno senza farsi distrarre da elementi non rilevanti. La progettazione di ulteriori esperimenti, sia a partire dagli esperimenti già svolti sia inventandone di nuovi, risulta facilitata in quanto il modello evidenzia gli elementi rilevanti che possono essere modificati.

I modelli possono consentire di individuare più facilmente analogie fra contesti diversi: fenomeni che all'apparenza non hanno nulla in comune, in quanto appartengono a campi di esperienza molto diversi fra loro, possono, grazie ai modelli, rivelare delle similitudini che costituiscono la base della comprensione profonda dei fenomeni stessi.

Gli oggetti complessi possono essere analizzati in termini di sistemi composti da parti più semplici e gli alunni sono chiamati a esplorarne le parti e le reciproche relazioni per comprenderne il funzionamento e prevederne il comportamento.

## **2. Modelli e collaborazione**

Riguardo ai vantaggi che la modellizzazione può portare rispetto all'apprendimento collaborativo sottolineiamo alcuni aspetti ritenuti più rilevanti. In primo luogo i modelli e l'attività di modellizzazione possono costituire la base per un linguaggio comune per la discussione: attraverso la scelta di alcuni aspetti rilevanti e dell'esplicitazione delle relazioni che intercorrono fra di essi, gli alunni, e con loro l'insegnante, possono individuare in modo sempre più preciso ed univoco i concetti chiave, che possono poi essere richiamati e discussi in seguito, alla ricerca della comprensione profonda del fenomeno osservato. Ad esempio nella costruzione del modello di una cascata può essere messo in evidenza il ruolo dell'altezza del salto compiuto dall'acqua. In una discussione tale elemento (l'altezza) potrà essere chiamato in modi diversi ("salto", "dislivello", "caduta", "cascata") ma i partecipanti alla discussione avranno sempre chiaro che l'elemento al quale stanno facendo riferimento è l'altezza (e non ad

esempio la quantità d'acqua, o la sua velocità, ecc.).

Un secondo elemento che favorisce il processo di collaborazione è che i modelli per uno stesso fenomeno possono essere vari, alcuni più semplici e altri via via più complessi. In questo modo ciascun partecipante alle attività può suggerire, attraverso l'ampliamento o la specializzazione del modello, modifiche utili ad una comprensione più approfondita del fenomeno osservato. In questo modo i contributi di ciascun membro del gruppo di lavoro possono essere valorizzati e resi disponibili agli altri partecipanti, che possono avvantaggiarsene.

Un terzo elemento è costituito dalla possibilità di stimolare l'attività di progettazione di esperimenti, in quanto gli elementi dei modelli che via via si definiscono, in quanto linguaggio comune, possono facilmente essere utilizzati per formulare ipotesi e confrontarle con le ipotesi degli altri partecipanti, in modo meno ambiguo: una delle difficoltà che si incontrano nell'attività collaborativa, infatti, è quella di non riuscire a capirsi, a causa dell'ambiguità del linguaggio utilizzato. La situazione che ne consegue può essere frustrante in quanto ciascun partecipante non riesce a chiarire agli altri che cosa intende fare e le proposte non vengono valutate con attenzione.

Infine, da parte dell'insegnante, l'utilizzo di modelli può favorire la valutazione dell'attività collaborativa degli alunni. Spesso l'insegnante non riesce a definire dei criteri di valutazione oggettiva per l'attività di laboratorio scientifico e quindi si rifugia in valutazioni basate su schede per la verifica di apprendimenti mnemonici. Ciò può essere ancora più critico per l'attività collaborativa, nella quale il contributo di ciascun alunno non è sempre chiaramente individuabile. Utilizzando i modelli e chiedendo ad esempio a ciascun gruppo di spiegarne le caratteristiche e il funzionamento, eventualmente sollecitati da alcune domande guida, l'insegnante può valutare la capacità degli alunni di fare riferimento a elementi precisi del modello in modo chiaro e non ambiguo (e quindi, di fatto, valutare la loro capacità di utilizzare i modelli), abilità che risulta fondamentale nello svolgimento di qualsiasi attività in ambito scientifico.

### **3. Modelli e loro rappresentazioni nella scuola primaria**

La modellizzazione nella scuola primaria può fare affidamento a diverse modalità di rappresentazione. In primo luogo un modello può essere costituito da un oggetto fisico abbastanza semplice da poter essere esplorato e compreso nel suo funzionamento. Pensiamo ad esempio al modello del sistema solare. Oppure, pensiamo a quando un bambino ha acquisito la padronanza di semplici oggetti o giocattoli come un'altalena, un paio di forbici o uno schiaccianoci potrà individuare il sottostante concetto di leva inteso come relazione di equilibrio fra momenti di forze. In seguito potrà fare riferimento a quegli oggetti individuando la similarità anche in altri contesti, ad esempio dicendo che una carrucola si comporta come un'altalena perché permette di alzare una cosa abbassandone un'altra.

Un altro tipo di modello è la rappresentazione in forma grafica attraverso un disegno o uno schema. In questo caso possono essere rappresentate in modo schematico le parti o le relazioni fra i vari elementi che compongono il modello attraverso simboli grafici opportunamente scelti. La scelta degli elementi da rappresentare e dei simboli che ne esprimono le relazioni costituisce un processo che stimola la creatività e la capacità previsionale dell'alunno, che deve

essere in grado di padroneggiare alcuni elementi grafici di base (rappresentazioni stilizzate di figure e ambienti, forme geometriche, frecce, uso dei colori...). Esempi di tali modelli possono essere disegni di oggetti reali corredati da annotazioni, frecce, raggruppamenti, simboli per rappresentare il moto o l'evoluzione di un certo processo, vignette che rappresentano stati, ecc.

Anche una storia può essere intesa come un modello, i cui elementi sono costituiti dai personaggi e dalle situazioni che questi si trovano a vivere. I legami che esistono fra i vari personaggi e gli elementi della storia, insieme alle situazioni che i personaggi sperimentano, costituiscono la struttura del modello e determinano i vincoli e le variabili in gioco. I legami causali nella storia possono esprimere le relazioni fra gli elementi del modello e la struttura della storia è tenuta a rispecchiarli; ad esempio il fatto che nella storia si introducano personaggi positivi e negativi, che emerga una contrapposizione fra di essi, che le azioni dei personaggi determinino delle conseguenze sugli altri personaggi e sulle altre situazioni, ecc.

Un'altra particolare forma di modello è quella in cui gli alunni si immedesimano negli oggetti che vogliono rappresentare, assumendone le sembianze o mimandone i comportamenti o le caratteristiche. In questa sorta di role-playing, in cui i bambini stessi assumono di volta in volta il comportamento degli oggetti che vogliono rappresentare, sono richieste particolari abilità progettuali e di negoziazione. Il vantaggio è costituito dal fatto di poter sperimentare su di sé, in prima persona, le "azioni" degli oggetti rappresentati, eventualmente scambiandosi le parti. Ad esempio per rappresentare la situazione di una goccia d'acqua in un tubo un bambino potrebbe sentirsi allo stesso tempo "spinto" e "ostacolato" dai compagni che rappresentano le altre gocce d'acqua, sperimentando i concetti di spinta e di resistenza.

Un ulteriore modello può essere rappresentato da un gioco di carte, governato da regole chiare e non ambigue che determinano lo svolgimento del gioco. Nel caso dell'energia potrebbero essere indicati alcuni portatori e trasferitori e le carte potrebbero contenere le informazioni necessarie per lo scambio fra i diversi portatori, utilizzando regole via via più complete e dando così luogo a diversi "livelli" di complessità del gioco stesso.

Infine anche un software può costituire un modo di realizzare dei modelli, rappresentati in forma grafica o iconica, con una serie di caratteristiche utili per facilitare un apprendimento di tipo collaborativo. Attraverso un software è possibile, in sintesi, confrontare, scambiare, modificare, integrare, suddividere i modelli creati, in modo da favorire i corrispondenti processi di apprendimento collaborativo. Il software in questo senso impone un linguaggio fatto di simboli ed elementi che costringono inizialmente a ragionare sugli elementi da introdurre e sulle loro relazioni. Tutto ciò è possibile nella versione "statica" del software MLE-Energy, che è stata realizzata ed è attualmente in fase di sperimentazione in alcune classi di scuola primaria all'interno del progetto "Piccoli Scienziati in laboratorio". Nella versione dinamica, progettata ma non ancora implementata, sarà anche possibile fare previsioni e verificarle attraverso la modalità "Attiva simulazione" nella quale il modello potrà essere fatto evolvere nel tempo e potranno essere visualizzate graficamente le variazioni delle variabili in gioco.

#### 4. Il software MLE-Energy

Il software MLE-Energy si propone come strumento per la modellizzazione di processi che hanno alla base il trasferimento di energia. La terminologia e la simbologia utilizzate fanno riferimento all'approccio del Karlsruhe Physics Course (KPK) di Herrmann (2000).

Lo scopo del software è duplice: da un lato si propone di analizzare processi che prevedono il trasferimento di energia, consentendo di costruire catene di portatori e trasferitori; dall'altro lato permette di individuare alcuni concetti di base, come la differenza di potenziale, la corrente, la resistenza, ecc., in rappresentazioni grafiche (immagini) di fenomeni sperimentati o osservati.

L'insegnante in fase di programmazione può costruire una catena di energia che sarà un possibile punto di arrivo del lavoro che sarà svolto in classe. Tale modello può essere realizzato anche con uno schizzo su carta, ma tramite il software è possibile un confronto più facile anche con altri colleghi, consentendo il salvataggio e la modifica dei modelli realizzati, la loro duplicazione, la condivisione e lo scambio attraverso internet.

Un possibile utilizzo del software MLE-Energy con gli alunni è quello che parte da un'immagine che rappresenta un fenomeno. Tale immagine può essere una fotografia di un esperimento realizzato a scuola, uno schema, una pagina del sussidiario, un fotogramma di un filmato o documentario o di un cartone animato, una fotografia scattata dagli alunni nel corso di una gita...

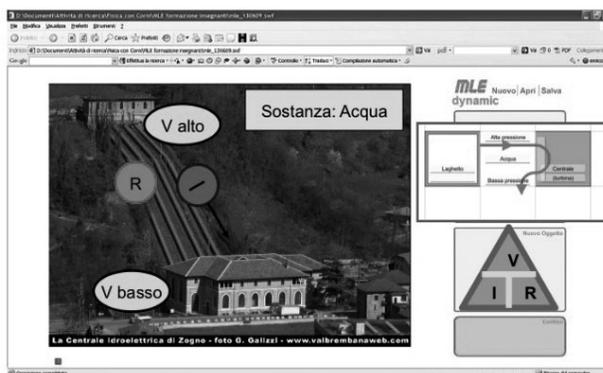


Fig. 1 - Esempio di concetti elementari applicati ad una fotografia di centrale idroelettrica.

Sull'immagine, che viene importata come sfondo, è possibile inserire gli elementi tipici del modello, rappresentati da simboli: (*Valto*) e (*Vbasso*) per il potenziale alto e basso, (*I*) per la corrente, (*R*) per la resistenza, (*C*) per la capacità. In analogia con l'approccio KPK viene individuata la "sostanza" che costituisce il portatore nel caso in esame.

Nell'esempio riportato in Fig. 1, il portatore (o sostanza) è l'acqua, che ha un potenziale alto in corrispondenza del bacino superiore e basso in corrispondenza del locale con le turbine, la corrente d'acqua viene indicata

lungo i tubi, che, insieme alle pale della turbina, rappresentano la resistenza al suo flusso. In questo caso la capacità non viene utilizzata in quanto non rilevante per l'esempio in questione.

Potrebbe essere inserita se si riflettesse sul bacino superiore, chiedendosi, ad esempio, se per aumentare la differenza di potenziale il bacino deve avere una grande o piccola superficie, oppure come la capacità del bacino potrebbe influenzare la rapidità con la quale esso si svuota. Il confronto fra le diverse proposte, la discussione e le modifiche sono facilitate dall'impiego del software, che permette di passare da una rappresentazione all'altra e di modificarle salvandone diverse versioni. In questa fase è importante sottolineare il processo con cui il modello viene rappresentato e il fatto che non vi sia un punto di arrivo preciso o una risposta "corretta".

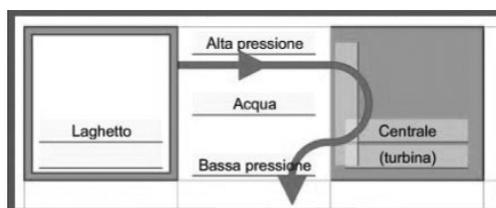


Fig. 2 - Esempio di indicatori di potenziale in un portatore.

Sul lato destro della videata sono presenti due strumenti che possono aiutare gli alunni nell'inserimento degli elementi: un triangolo che suggerisce il legame fra le grandezze e un diagramma che richiede di specificare le caratteristiche dello specifico portatore utilizzando il linguaggio naturale.

Nell'esempio (Fig. 2) si potrebbero indicare per il portatore "Acqua": il suo potenziale alto ("Acqua ad alta pressione") e basso ("Acqua a bassa pressione") individuando così il legame fra potenziale e dislivello.

Questo è uno degli elementi che andranno a costituire la catena dell'energia che l'insegnante ha previsto di realizzare e che può essere più o meno complessa a seconda dell'età e dell'esperienza degli alunni.

Nel caso in esame la catena potrebbe continuare con l'analisi delle turbine che "trasformano" la pressione dell'acqua in potenziale elettrico.

Il flusso di energia che viene trasportata dai diversi portatori può essere visualizzata in forma grafica attraverso le frecce gialle di diverso spessore che, insieme ad eventuali etichette indicanti la percentuale o la corrente di energia in forma numerica, indicano la parte di energia che viene trasferita in una certa direzione del processo.

Ad esempio (FIG 3: flusso di energia con portatore entropia come "perdita") si potrebbe vedere che a causa delle perdite per attrito (rappresentate da frecce che vanno verso il portatore "entropia") la quantità di energia presente in uscita di un processo non è pari all'energia immessa, ma poi si potrebbe notare che, se si comprende nel computo anche l'energia trasferita in entropia, i conti tornano e la somma dell'energia in uscita è uguale all'energia immessa.

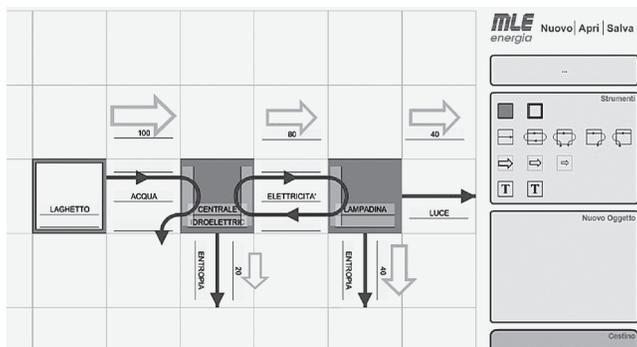


Fig. 3 - Esempio di flusso di energia con il portatore entropia.

A questo punto l'insegnante può opzionalmente proporre altre situazioni che presentino alcuni elementi simili al caso precedente e mettere in evidenza le analogie. La situazione in Fig. 4 presenta elementi simili a quella della centrale elettrica e possono essere esplorate le analogie fra le due situazioni. Anche in questo caso può essere sottolineato il ruolo della differenza di potenziale nel determinare la pressione, la corrente d'acqua e la resistenza dei tubi.

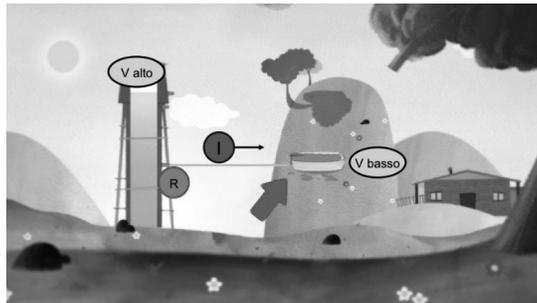


Fig. 4 - Concetti elementari identificati su un fotogramma del cartone animato *Rupert e il sogno di una piscina*

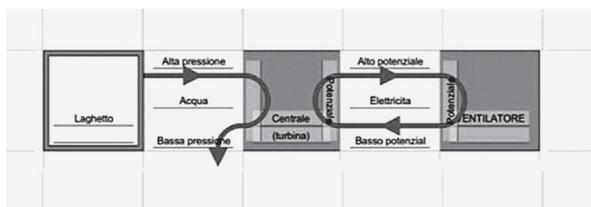


Fig. 5 - Combinazione di più blocchi per formare catene di portatori e trasferitori più lunghe

Il processo appena esposto può essere ripetuto più volte analizzando i diversi elementi che comporranno la catena di energia, costruendo i singoli blocchi (Fig. 5). A questo punto è possibile unire due blocchi per formare una catena più lunga, osservando ad esempio che l'elemento "centrale idroelettrica" compare sia come elemento finale del primo blocco (che partiva dall'elemento "laghetto") sia come elemento iniziale di un blocco successivo che porta l'elettricità dall'elemento "centrale" ad un elemento "ventilatore". In questo caso è facile notare che sovrapponendo l'elemento "centrale" si ottiene una catena più lunga che parte dal "laghetto", attraversa la "centrale" e arriva fino al "ventilatore".

Questo processo di arricchimento ed estensione può essere svolto anche "espandendo" un blocco che inizialmente era stato introdotto come unitario: ad esempio la centrale potrebbe essere analizzata considerando le turbine che girano e trasferiscono l'energia sul moto rotatorio dei loro alberi, a loro volta collegati a un generatore elettrico che trasferisce l'energia dal moto rotatorio all'elettricità.

Il software permette di integrare facilmente i diversi contributi, passando dall'uno all'altro schema, permettendo di salvare e condividere facilmente il progetto al quale si sta lavorando. La sequenza con il diagramma dell'energia si potrà così rendere via via più completa con il contributo dei diversi alunni o dei diversi gruppi, che potranno esplorare le singole parti per poi combinarle insieme.

## **5. Possibili estensioni: la versione dinamica del software e la collaborazione on-line**

Quanto esposto riguarda la versione del software attualmente realizzata e utilizzata per la sperimentazione nelle scuole primarie aderenti al progetto "Piccoli scienziati in laboratorio". Sono però allo stato di progetto alcuni miglioramenti che riguardano la possibilità di rendere dinamico il software permettendo così di vedere, al variare di una grandezza, come variano le altre in una catena di portatori e trasferitori. In particolare in tale versione dinamica l'utente potrà creare la catena in modalità "costruzione" creando le relazioni fra le grandezze introdotte nel modello, così come esposto sopra, ma potrà poi passare in modalità "simulazione", potendo così osservare iconicamente e/o graficamente come le modifiche apportate in un punto del modello abbiano delle ripercussioni sulle altre parti; oppure sarà possibile apportare delle modifiche per cercare di ottenere variazioni sulle variabili in uscita.

Un ulteriore aspetto da sviluppare è quello dello scambio, tramite piattaforma web, dei modelli realizzati dagli insegnanti e dagli alunni. L'idea è infatti quella di impiegare la piattaforma collaborativa on-line, già utilizzata per la formazione iniziale degli insegnanti, per raccogliere i modelli realizzati e permettere agli altri insegnanti di commentarli e di modificarli, suggerendo altri possibili modelli e applicazioni. Questo comporta, in una logica collaborativa, l'impiego del software per realizzare i modelli e permette l'ottimizzazione delle risorse progettuali degli insegnanti.

## **6. Bibliografia**

Gilbert, J. K. e Boulter, C. (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher.

Herrmann, F. (2000). The Karlsruhe Physics Course. *European Journal of Physics* 21, 49-58.