



Università della Calabria

XXIII CICLO
Del DOTTORATO DI RICERCA IN
Psicologia della Programmazione e Intelligenza Artificiale

UN APPROCCIO PBL PER LA CREAZIONE DI
CONTENUTI ELEARNING DI MATEMATICA APPLICATA

Settore Scientifico-Disciplinare MAT/07

Dottoranda
MARIA GRAZIA PETRONE

Coordinatore del Collegio dei Docenti
Chiar.ma Prof.ssa
ELEONORA BILOTTA
Università della Calabria

Relatore
Chiar.mo Prof.
GIUSEPPE ALI
Università della Calabria

Anno Accademico 2009/2010

A Cesare Manuele

Indice	Pag.
Introduzione	1
Capitolo 1: eLearning, concetti generali	4
1.1 Introduzione	4
1.2 L'eLearning come nuovo paradigma della formazione	6
1.3 Organizzazione dei percorsi formativi	10
1.4 Strumenti e tecnologie per l'eLearning	12
1.4.1 Piattaforme tecnologiche per l'eLearning	12
1.4.2 Costruzione dei learning object: editor per l'eLearning	18
1.4.3 Interoperabilità e condivisione di risorse	20
1.5 Usabilità	21
1.6 Conclusioni	24
Capitolo 2: Aspetti didattici dell'eLearning	26
2.1 Introduzione	26
2.2 L'apprendimento	28
2.3 Il connettivismo	29
2.4 Il costruttivismo	30
2.5 Il costruzionismo	34

2.6	Modelli didattici costruttivisti	36
2.6.1	Apprendimenti cooperativi di gruppo	37
2.6.2	Apprendistato cognitivo e ambienti di apprendimento generativo	39
2.6.3	Costruttivismo e computer	40
2.7	Project-Based Learning	42
2.8	Sostenibilità didattico-pedagogica dell'eLearning	46
2.9	Conclusioni	47
	Capitolo 3: Strumenti ICT per la didattica della matematica	49
3.1	Introduzione	49
3.2	L'insegnamento della matematica	50
3.2.1	Il linguaggio della matematica	50
3.2.2	Matematica tra astrazione e realtà	53
3.3	L'insegnamento della matematica applicata	55
3.3.1	Matematica applicata	55
3.3.2	Valenza formativa della matematica applicata	57
3.3.3	Matematica e Industria	58
3.4	Matematica, matematica applicata e eLearning	60
3.4.1	Strumenti di scrittura matematica	61
3.4.2	Strumenti di calcolo e visualizzazione	67

3.4.3	Simulazioni	72
3.4.4	Altre tecnologie informatiche	73
3.5	Conclusioni	77
Capitolo 4: Creazione di contenuti didattici per l'eLearning		79
4.1	Introduzione	79
4.2	Aspetti didattici e tecnici	80
4.2.1	Learning object e condivisione di materiali didattici	80
4.2.2	Come costruire dei contenuti eLearning	83
4.3	Utilizzo di risorse tecnologiche per favorire l'apprendimento	85
4.4	Studenti creatori di contenuti didattici	87
4.4.1	Prodsage	88
4.4.2	NicheLearning	90
4.4.3	YouTube	92
4.4.4	Wiki	93
4.4.5	Un esempio di contenuti eLearning di matematica ideati con il contributo degli studenti	95
4.5	eLearning per industrie di microelettronica	96
4.5.1	eLearning tra Accademia e Industria nell'Unione Europea	96
4.5.2	Progetto CoMSON	97
4.6	Conclusioni	100

Capitolo 5: Ricerca	101
5.1 Introduzione	101
5.2 Obiettivo della ricerca	102
5.3 Prima sperimentazione	104
5.3.1 Soggetti	104
5.3.2 Materiali	104
5.3.3 Metodo	105
5.3.4 Organizzazione dei progetti	107
5.3.5 Metodologia di valutazione dei progetti	108
5.3.6 Esempi di progetti	111
5.3.7 Risultati	116
5.3.8 Analisi dei risultati	118
5.4 Seconda sperimentazione	120
5.4.1 Introduzione	120
5.4.2 Soggetti	120
5.4.3 Materiali	121
5.4.4 Metodo	121
5.4.5 Organizzazione dei progetti	122
5.4.6 Metodologia di valutazione dei progetti	123

5.4.7 Esempi di progetti	123
5.4.8 Risultati	129
5.4.9 Analisi dei risultati	131
5.5 Comparazione delle sperimentazioni e valutazione della ricerca	132
5.6 Conclusioni	135
Conclusione	136
Bibliografia	140
Sitografia	151
Ringraziamenti	153

Introduzione

La creazione di contenuti di eLearning richiede competenze sia di tipo tecnologico, e in tale senso si fa riferimento all'uso di strumenti software per la manipolazione e la gestione dei contenuti didattici, che concettuali connessi alla realizzazione del materiale didattico, il quale deve essere strutturato secondo approcci metodologici utili a favorire l'apprendimento degli studenti. Alle competenze pratiche e concettuali occorre aggiungere il tempo necessario per la realizzazione del materiale didattico, il quale va integrato ricorrendo all'uso di video, immagini, grafici, animazioni, diagrammi e altro ancora. In definitiva tutto questo comporta un dispendio di tempo e spesso anche di risorse economiche, per cui molti docenti preferiscono adottare metodologie tradizionali piuttosto che sistemi di eLearning.

L'interesse verso questo tipo di problematiche nasce nell'ambito del progetto europeo CoMSON (Coupled Multiscale Simulation and Optimisation in Nanoelectronics) il cui obiettivo era la realizzazione di una Piattaforma Sperimentale capace di eseguire simulazioni di dispositivi accoppiati, interconnessioni, circuiti, campi elettromagnetici ed effetti termici in un singolo framework. All'obiettivo principale se ne affiancava un altro, non meno importante, che consisteva nella creazione di una piattaforma di eLearning al fine di contribuire alla formazione dei giovani ricercatori nel settore della microelettronica. Ciò che unisce i due obiettivi è la piattaforma software perché essa rappresenta il laboratorio virtuale del sistema di eLearning dove gli studenti possono eseguire le proprie simulazioni. Nell'ambito di tale progetto si è avvertita fin da subito la necessità di cominciare a sperimentare nuovi approcci didattici che permettessero di agevolare la creazione di contenuti di eLearning in un settore, la microelettronica, che richiede una formazione continua dei propri addetti.

La microelettronica è un campo innovativo che richiede competenze specifiche per progettare e implementare nuovi dispositivi, proprio per tale motivo le industrie di tale settore subiscono fortemente la pressione della competizione. Tra le possibili strategie utili per sostenere tale competizione vi è l'adozione di metodologie educative-formative per accrescere le competenze dei dipendenti. L'eLearning in questo contesto si delinea come metodologia idonea a realizzare percorsi mirati di formazione del personale.

Dovendo far fronte ai problemi appena descritti, si è pensato di adottare il Project-Based Learning come metodologia per la creazione di contenuti di eLearning. Il vantaggio di questa metodologia è che integrando gli aspetti teorici del costruttivismo e quelli della dimensione sociale e cooperativa dell'apprendimento, può essere utilizzata proficuamente con gli studenti, dove questi ultimi svolgono un ruolo attivo. In particolare, gli studenti lavorando alla realizzazione di un progetto, ne affrontano i problemi e ne cercano le possibili soluzioni, assumendo un atteggiamento autocritico nei confronti di quanto prodotto.

Data la complessità dell'argomento, che richiede diverse competenze, si è cercato di rispondere alla seguente domanda: è possibile creare contenuti didattici per percorsi di eLearning coinvolgendo gli studenti universitari? Tale domanda discende dall'idea iniziale di voler superare i limiti legati alla realizzazione di materiale didattico da usare all'interno di ambienti di eLearning. Nello specifico, si è voluto sperimentare un nuovo approccio metodologico che permetta di usare in modo più proficuo gli ambienti di eLearning. In aggiunta, questo lavoro di tesi mira a offrire una panoramica della ricerca nel settore della creazione di contenuti di eLearning evidenziando gli aspetti teorici e pratici più importanti in un articolato ambito di ricerca che concerne l'uso delle tecnologie a supporto dell'apprendimento di discipline scientifiche.

Il lavoro di tesi è organizzato in cinque capitoli. Nel primo capitolo si presenta una panoramica sui concetti basilari inerenti ai sistemi di eLearning, focalizzando l'attenzione sulla piattaforma di eLearning Claroline e sull'editor eXe-Learning necessario per la creazione di contenuti didattici.

Il secondo capitolo è dedicato agli aspetti didattici dell'eLearning e ne esamina le teorie psicologiche considerate come punto di riferimento nell'ambito delle ricerche sull'eLearning. All'interno di questo quadro teorico l'attenzione è stata focalizzata alle applicazioni delle teorie costruttiviste e in particolare al modello didattico del Project-Based Learning.

Il terzo capitolo affronta le applicazioni dell'eLearning nella didattica della matematica e della matematica applicata. Temi centrali del capitolo sono le difficoltà riscontrate da parte di docenti e studenti nell'insegnamento/apprendimento della matematica e le caratteristiche della matematica applicata che si definisce come disciplina dedita a descrivere e analizzare fenomeni reali. In tale ottica si prendono in considerazione alcuni strumenti dell'ICT (Information and Communication Technology) che possono facilitare la comunicazione di contenuti di carattere matematico.

Nel quarto capitolo si descrive la creazione di contenuti didattici per l'eLearning focalizzando l'attenzione soprattutto sul paradigma del "Prodsusage" che prevede una nuova concezione dell'utente (e quindi dello studente) basata sull'idea che il fruitore non è più un semplice consumatore o ricettore di contenuti, ma diviene partecipe tanto da diventare anche produttore di contenuti, in questo caso di materiale didattico. La ricerca svolta si colloca in tale prospettiva in quanto gli studenti diventano creatori di contenuti didattici per l'eLearning.

Il quinto e ultimo capitolo contiene la descrizione della ricerca svolta, il cui obiettivo è contribuire a trovare nuove e più coerenti strategie da adottare nella creazione dei contenuti didattici relativi al settore della microelettronica. In questo caso, la ricerca è stata svolta all'interno del corso di "Modellistica dei dispositivi a semiconduttore". Il capitolo illustra la metodologia adottata, i materiali prodotti dagli studenti ed i risultati ottenuti.

In definitiva la centralità di questo lavoro è sicuramente racchiusa nella proposta metodologica che permette la definizione di alcune strategie didattiche da adottare non solo come elementi migliorativi dell'apprendimento, ma anche come strumenti per la creazione di contenuti didattici sfruttando abilità e competenze diverse.

Capitolo 1: eLearning, concetti generali

1.1 Introduzione

Il termine eLearning oramai è ampiamente diffuso e spesso viene utilizzato anche impropriamente riferendosi a metodologie didattiche che utilizzano il computer e il web, [70], proprio per tale motivo risulta complicato darne una definizione precisa ed esaustiva. Esso rappresenta una nuova tendenza educativa e una sfida per la didattica tradizionale.

L'eLearning è una metodologia didattica che collega le tecnologie della comunicazione e dell'informazione con il mondo educativo [35].

Cerchiamo di dare una definizione sintetica interpretando quanto affermato da Jhonson et al. [37]: l'eLearning può essere definito come un'iniziativa didattica che offre materiali didattici attraverso repository online in cui l'interazione e la comunicazione all'interno dei corsi è mediata dalla tecnologia.

Estendiamo ora tale definizione facendo riferimento a quanto affermato dall'osservatorio dell'ANEE (Associazione Nazionale dell'Editoria Elettronica) e delineando le caratteristiche principali che deve possedere un percorso formativo erogato in modalità eLearning.

L'ANEE, diventata nel 2000 l'Associazione dei servizi e contenuti multimediali, svolge periodicamente ricerche sul commercio elettronico e ha costituito anche un osservatorio sull'eLearning e uno sul mercato dell'editoria multimediale in Italia.

Riportiamo di seguito la definizione di eLearning dell'ANEE:

“L'eLearning è una metodologia d'insegnamento e apprendimento che coinvolge sia il prodotto sia il processo formativo. Per prodotto formativo si intende ogni tipologia di materiale o contenuto messo a disposizione in formato digitale attraverso supporti informatici o di rete. Per processo formativo si intende, invece, la gestione dell'intero iter didattico che coinvolge gli aspetti di erogazione, fruizione, interazione e valutazione. In questa dimensione il vero valore aggiunto

dell'eLearning emerge nei servizi di assistenza e tutorship, nelle modalità d'interazione sincrone, di condivisione e collaborazione a livello di community" [S13]. In particolare, la comunicazione sincrona avviene con la presenza contemporanea dei soggetti coinvolti; invece, la comunicazione asincrona si svolge in tempi differiti.

Analizzando la definizione dell'osservatorio ANEE, con il termine eLearning, non si intende un qualsiasi contenuto digitale, bensì un prodotto che si basa sulle seguenti caratteristiche:

- L'eLearning è una metodologia d'insegnamento/apprendimento basata sull'Information and Communication Technology (ICT) con focus sul prodotto e sul processo.
- Il contenuto formativo utilizzato nell'eLearning è un qualsiasi materiale didattico digitalizzato e sviluppato ad hoc per l'erogazione e la fruizione online.
- Il processo di eLearning deve possedere attività di tutorship e di interazione/condivisione/collaborazione online. Gli studenti devono poter lavorare in un clima in cui la comunicazione tra pari e con il docente sia finalizzata alla collaborazione.
- L'eLearning è una metodologia d'insegnamento/apprendimento flessibile in quanto gli studenti hanno la possibilità di gestire autonomamente lo spazio e il tempo da dedicare all'apprendimento, ma allo stesso tempo non può prescindere dalla calendarizzazione e dalla scansione del processo formativo.
- L'eLearning è una metodologia che persegue l'obiettivo di favorire un apprendimento personalizzato, cioè adeguato ai bisogni formativi, agli interessi e alle attitudini del singolo.
- L'eLearning non può prescindere dalla responsabilità sia da parte dell'erogatore/formatore sia da parte del discente, entrambi devono svolgere le loro funzioni cercando di ottenere il meglio.

In quest'ultima definizione si fa riferimento esplicitamente al carattere formativo e non semplicemente istruttivo di tale metodologia, si chiarisce l'attenzione rivolta all'intero processo di formazione, facendo riferimento all'interazione, alla

condivisione e alla collaborazione in un'ottica di comunità virtuale in cui ogni soggetto coinvolto comunica con gli altri formando un gruppo-classe online.

Allo scopo di dare maggiore enfasi alla caratteristica principale di un percorso di formazione erogato in modalità eLearning e cioè all'utilizzo delle tecnologie della comunicazione per l'apprendimento a distanza, riportiamo la definizione di Ranieri: *“Insieme di metodologie e tecnologie che consentono di attuare percorsi di formazione a distanza, avvalendosi prevalentemente, anche se non esclusivamente, della rete”* [64].

In realtà, affinché si possa parlare di eLearning, non basta usare un computer e avere il collegamento a Internet, infatti, non si tratta di una semplice trasmissione di saperi che avviene con i mezzi informatici, ma di un percorso di apprendimento che coinvolge il discente inserendolo in un ambiente virtuale in cui i rapporti interpersonali e le peculiarità del singolo studente devono essere al centro del processo educativo (a tal riguardo si veda anche [81]).

1.2 L'eLearning come nuovo paradigma della formazione

L'eLearning rappresenta un nuovo paradigma di riferimento per pensare, progettare e gestire la formazione a distanza, capace di garantire rapidità, flessibilità, controllo dei costi e soprattutto capillarità nella diffusione dei contenuti didattici utilizzando strumenti e approcci innovativi.

L'affermarsi di nuovi paradigmi formativi, che si affiancano a quelli tradizionali, è spesso accompagnata da nuovi obiettivi didattici e dalla necessità di formare profili professionali che dispongano di nuove competenze.

Per quest'insieme di ragioni, i progetti di formazione basati sull'eLearning comportano spesso implicazioni di carattere organizzativo, tecnologico e metodologico che devono essere tenuti in debita considerazione già durante la fase di progettazione del percorso di apprendimento.

Le scelte progettuali possono essere molteplici, tutte partono però da una premessa cardine: in un processo di eLearning l'attenzione deve essere incentrata sul discente il quale deve essere in grado di partecipare attivamente al processo formativo. In

molti casi, il discente diventa costruttore delle proprie conoscenze poiché gli ambienti digitali gli permettono di esplorare autonomamente le risorse educative, avvalendosi di strumenti a supporto dell'apprendimento.

In particolare, comunque si decida di utilizzare l'eLearning o introdurre l'utilizzo di tecnologie in ambito didattico, occorre tenere presente che l'apprendimento è un processo attivo, in cui lo studente deve avere la possibilità di un coinvolgimento attivo che lo porti a un'autonomia decisionale, alla soluzione dei problemi e a un'autovalutazione delle conoscenze acquisite.

Bisogna altresì considerare l'aspetto sociale dei processi di apprendimento, infatti, valorizzare la collaborazione, il confronto fra pari e il dialogo formativo con il docente contribuisce alla crescita dello studente, favorendone l'acquisizione di nuove abilità e allo stesso tempo ne sostiene lo sviluppo cognitivo (a tal riguardo si veda anche [58]).

Analizziamo i vantaggi che derivano da una formazione costruita con l'utilizzo dell'eLearning focalizzando l'attenzione su quattro parole chiave: conoscenza, libertà, comunicazione e esperienza.

L'eLearning possiede come punto di forza la possibilità di aggiornamento e arricchimento continui dei contenuti e quindi della conoscenza.

Tale metodologia contribuisce all'esercizio della libertà dell'utente intesa come:

- Indipendenza dal tempo e dallo spazio: il discente ha la possibilità di apprendere per mezzo di una comunicazione sincrona e asincrona, e di organizzare i propri tempi e i propri spazi in modo autonomo;
- Flessibilità rispetto al curriculum: il discente può organizzare il proprio percorso formativo in relazione alle esigenze personali, ai prerequisiti posseduti e allo specifico stile cognitivo;
- Libertà di accesso alle risorse: i materiali didattici sono a disposizione in ogni momento;
- Maggiore controllo dei ritmi di apprendimento;
- Molteplicità dei media utilizzabili.

L'eLearning contribuisce così all'arricchimento della comunicazione didattica e quindi all'interazione in quanto:

- Le tecnologie telematiche consentono di aggiungere alla tradizionale comunicazione “uno-molti” una nuova forma comunicativa “molti-molti” [79];
- Promuove forme di Collaborative Learning (si impara per mezzo degli altri, con gli altri e dagli altri) basandosi quindi sulla teoria del costruttivismo sociale (a tal riguardo si veda anche [85]);
- Propone la centralità del ruolo del discente e il docente da “trasmettitore” di contenuti diviene “facilitatore” dell’apprendimento;
- Permette di utilizzare sia uno stile comunicativo sincrono (live courses, chat, conferenze audio/video) che asincrono (gruppi di discussione, e-mail, presentazioni web) [75].

L’eLearning, pur essendo fondato sulla tecnologia, consente di costruire percorsi di apprendimento basati su una forma di esperienza incentrata sulla tecnologia stessa, offrendo simulazioni virtuali di situazioni reali.

In un percorso di eLearning l’attenzione deve essere incentrata principalmente sull’utente poiché la formazione va intesa come un processo attivo, aperto al discente che partecipa attivamente all’intero processo di apprendimento. E’ evidente che l’eLearning impone una concezione diversa rispetto alla formazione attuale di tipo unidirezionale (dal docente al discente), prediligendo una forma comunicativa più partecipativa che chiameremo multidirezionale.

Un buon approccio metodologico adottato per creare un corso di eLearning dovrebbe sfruttare tutte le potenzialità offerte dalla rete, in particolare l’interattività, dall’uso di strumenti virtuali e dalla multimedialità.

Il discente dovrà essere stimolato a occupare un ruolo attivo disponendo di materiali interattivi (struttura ipertestuale navigabile, laboratori e spazi virtuali, link e materiali strutturati).

È utile che un percorso formativo sia contestualizzato rispetto: all’esperienza personale dei corsisti (*life-centered*), considerando quindi le conoscenze, le competenze e le abilità precedentemente acquisite; allo svolgimento di compiti operativi (*task-centered*) che siano collegati a questioni reali; ai contenuti basati sui problemi (*problem-centered*) facendo riferimento alla metodologia del problem-solving.

Il docente deve supportare lo studente affinché apprenda a organizzare le strategie cognitive da applicare nella soluzione dei problemi secondo le seguenti fasi:

- Identificazione del problema e dell'obiettivo da raggiungere;
- Generazione delle possibili soluzioni;
- Scelta, valutazione e pianificazione della soluzione;
- Esecuzione del piano e valutazione dei risultati.

Affinché lo studente abbia un ruolo attivo e sia coinvolto nel processo di apprendimento è preferibile optare per le piattaforme di eLearning che presentino servizi come:

- Condivisione di materiali;
- Esercitazioni o progetti da sviluppare in un preciso arco temporale;
- Strumenti per pianificare le attività da svolgere, come un calendario o un'agenda settimanale che suggerisca il ritmo di studio consigliato ricordando gli appuntamenti presi e gli impegni da rispettare; l'impiego di un'agenda consente peraltro di sincronizzare una classe e di coordinarne il lavoro.

Dopo aver delineato i vantaggi che si possono ottenere con l'utilizzo dell'eLearning occorre tenere presente i possibili svantaggi:

- Per quanto riguarda la comunicazione, gli utenti hanno la possibilità di interagire attraverso gli strumenti messi a disposizione dalla piattaforma (chat, forum, webcam, ecc.) però a volte potrebbe essere utile comunicare "in presenza". Nell'ambito di un rapporto "in presenza" il docente osserva anche gli atteggiamenti e gli sguardi degli alunni attivando un'analisi della comunicazione non verbale, riesce a percepire eventuali difficoltà nel corso delle lezioni e di conseguenza cerca di variare metodo e approccio, offrendo un aiuto concreto e spronando il gruppo all'apprendimento.
- Dal punto di vista organizzativo, la fruizione di un percorso di eLearning richiede un notevole impegno in quanto non compare solo la figura del docente ma, come vedremo in seguito, vengono coinvolte diverse figure professionali;
- L'assenza o l'incompleta certezza dell'identità dell'utente che frequenta il corso.
- Il rischio di ridurre la formazione a una serie di conoscenze "piatte".

1.3 Organizzazione dei percorsi formativi

In questa sezione si affronteranno le strategie di organizzazione dei contenuti didattici nell'ambito di un percorso di eLearning, chiarendo cosa si intenda per Learning Object (LO) e analizzando le diverse tipologie di erogazione dei percorsi formativi.

I contenuti formativi da inserire nella piattaforma hanno assunto una struttura oramai accettata come LO, "unità autoconsistenti" e riutilizzabili in varie combinazioni, "pacchetti" indipendenti in grado di soddisfare uno o più obiettivi didattici; si tratta della più piccola componente di contenuto di un corso, dotata di senso compiuto. Dall'aggregazione dei LO nascono le unità didattiche che compongono i moduli che a loro volta formano i corsi.

Un modulo didattico può richiedere un'articolazione in parti, a loro volta costituite da più unità e organizzate in un percorso distinto in varie fasi. Nella predisposizione dei contenuti formativi e nella scelta dell'approccio e degli strumenti didattici da impiegare occorre tenere conto della tipologia dei singoli contenuti e dello scopo che il percorso didattico mira a far raggiungere ai soggetti. La possibilità del riutilizzo dei LO dovrebbe tenere in considerazione il fenomeno dell'obsolescenza e la circostanza che il materiale didattico richiede una revisione frequente e non può, quindi, essere riutilizzato a lungo.

La fase di erogazione di un'attività di eLearning può avvenire con diverse modalità, che sono qui di seguito indicate:

- Online in modalità sincrona, attraverso lo strumento della classe virtuale, in cui gli utenti/discenti interagiscono con un docente o tutor della materia: durante la sessione *live* i discenti possono parlare, utilizzare materiali in vari formati, navigare sul web sotto la guida del tutor, scrivere su una lavagna, fare dei test, formare gruppi di lavoro guidati.
- Online in modalità asincrona, con una fruizione di contenuti interattivi che favoriscano la partecipazione attiva dell'utente singolo o della classe virtuale al processo di apprendimento; può trattarsi di testi, ipertesti, video, animazioni, organizzati dai docenti utilizzando editor multimediali e fruibili dalla rete.

- Offline, con l'utilizzo di supporti quali testi cartacei, CD-Rom, video, DVD, altri materiali scaricabili, con possibilità di stampa dei contenuti in formato testo o immagine.

Riprendendo un'analisi effettuata da Mason nel 1998 [48], possiamo distinguere tre tipologie metodologiche di utilizzo dell'eLearning: *content + support*, *wrap around* e *integrated model*.

La tipologia maggiormente diffusa è la *content + support*, che si basa sulla concezione dell'insegnamento come trasmissione di informazioni; in particolare si possono avere interazioni sincrone o asincrone.

Alla base della tipologia *wrap around* vi è la concezione costruttivista dell'apprendimento come "costruzione attiva" e il rapporto docente-discente è fondato sul dialogo formativo, (tratteremo la teoria del costruttivismo nel capitolo successivo).

La modalità *integrated* o collaborativa rappresenta un arricchimento della metodologia *wrap around* in quanto, fondata sempre sul carattere costruttivistico dei processi di apprendimento, cerca di arricchirne alcuni aspetti come la condivisione e la collaborazione fra pari.

Il modello integrato presenta i contenuti del corso in modo meno strutturato, lasciando uno spazio più ampio alla elaborazione personale dei contenuti erogati.

Effettuando una distinzione ancora più pratica, possiamo individuare tre utilizzazioni differenti di un sistema di eLearning:

1. A supporto di corsi tradizionali;
2. Integrativo di corsi tradizionali;
3. Esclusivamente online.

Per quanto riguarda la prima opzione, il corso viene svolto prevalentemente in modalità tradizionale (*face-to-face* o lezioni frontali) e l'utilizzo di una piattaforma è considerato un di più.

La seconda tipologia è quella che potremmo definire *blended learning*, in quanto la suddivisione tra la metodologia *face-to-face* e l'erogazione online è abbastanza bilanciata. Negli ultimi tempi, tale soluzione sta riscontrando un notevole successo

per l'efficacia verificata dai ricercatori, ma anche per l'indice di gradimento segnalato dai fruitori (a tal riguardo si veda anche [40]).

Tale tipologia offre tre vantaggi:

- Rende meno traumatico il passaggio dalla metodologia tradizionale all'eLearning;
- Consente di operare un'integrazione dei corsi esistenti, senza dover operare una vera e propria sostituzione;
- Offre la possibilità di servirsi di incontri *face-to-face*.

L'ultima modalità è esclusivamente online, il corso si svolge interamente usando una piattaforma di eLearning, non vi è possibilità di confronto in ambienti reali, in quanto tutto il processo di insegnamento/apprendimento viene erogato online.

1.4 Strumenti e tecnologie per l'eLearning

In questa sezione analizzeremo le tecnologie e gli strumenti che vengono utilizzati nell'ambito di un percorso di eLearning, in particolare esamineremo le diverse tipologie di utilizzo delle piattaforme facendo riferimento ai modelli didattici e agli stili di insegnamento/apprendimento sui quali si basano e ci soffermeremo sulle caratteristiche di Moodle e Claroline. Nella seconda sottosezione parleremo dell'editor eXe-Learning e delle questioni tecniche legate alla costruzione dei LO, infine, parleremo dell'interoperabilità e della condivisione delle risorse.

1.4.1 Piattaforme tecnologiche per l'eLearning

Lo strumento di base che consente la costruzione e l'erogazione di un corso di eLearning è la piattaforma denominata Learning Management System (LMS) che gestisce la distribuzione e l'uso dei materiali didattici. Occorre distinguere la LMS dalla Content Management System (CSM) in quanto quest'ultimo sistema si occupa della raccolta, dell'organizzazione e della pubblicazione di contenuti digitali, ma

non offre la possibilità di un controllo sulle attività svolte dagli utenti come avviene invece in una LMS.

Le piattaforme di eLearning contengono sezioni amministrative che consentono di effettuare registrazioni, valutazioni e tengono traccia delle attività degli studenti (numero di accessi, tempo di connessione, risultati dei test di valutazione, ecc.). Ogni piattaforma di eLearning possiede degli strumenti che supportano la comunicazione (chat, lavagne condivise, videoconferenze) e che contribuiscono a creare un ambiente interattivo delineato come classe virtuale [13].

I LMS spesso operano in associazione con le Learning Content Management System (LCMS) che gestiscono direttamente i contenuti, mentre alle LMS resta la gestione degli utenti.

In particolare, le LCMS si occupano:

- Della creazione, gestione e memorizzazione dei contenuti didattici;
- Della composizione e modularizzazione delle unità didattiche fondamentali, chiamate LO;
- Del tracciamento e memorizzazione delle interazioni degli studenti con i LO.

Una LCMS gestisce l'importazione e la pubblicazione dei LO.

Partiamo da una classificazione dei modelli didattici e degli stili di insegnamento e apprendimento in rete e su tale base cerchiamo di comprendere come si colloca l'uso delle varie piattaforme rispetto a tali modelli didattici.

In rete possiamo identificare almeno quattro modelli di apprendimento:

- *Modello time-independent*: vi è una relativa libertà di organizzazione dei tempi e dei modi dell'apprendimento, l'uso dei materiali e le forme di interazione sono prevalentemente asincrone;
- *Modello simultaneo*: viene proposto il meccanismo della lezione frontale, reso maggiormente flessibile grazie alla possibilità d'interazione (prevalentemente di tipo sincrono) fornita dalla rete;
- *Modello di studio autonomo*: si presuppone ampia libertà di azione nei tempi e nei modi, lo studente lavora autonomamente sui materiali distribuiti in rete, spesso di struttura modulare. Tale modello è adatto nel caso in cui ci si riferisca a studenti consapevoli e motivati;

- *Modello di apprendimento/insegnamento real-time*: l'interazione tra docente e discente avviene in tempo reale, essa è supportata da potenzialità specifiche dell'information technology, come ambienti di simulazione o mondi virtuali.

Partendo dalla distinzione dei suddetti modelli di apprendimento ne segue una classificazione dell'utilizzo delle piattaforme centrata sia sulle funzionalità specifiche dell'ambiente software sia sulle modalità didattiche che le stesse usano.

Individuiamo quindi almeno quattro tipologie di utilizzo:

- Uso della piattaforma prevalentemente orientato alla gestione delle interazioni e alla condivisione di informazioni, materiali e opinioni all'interno di una "comunità che apprende";
- Uso della piattaforma orientato all'editing, all'erogazione e al management di materiali didattici destinati a chi vuole sviluppare percorsi di apprendimento autonomo;
- Piattaforma utilizzata come ambiente specializzato per il training a distanza;
- Utilizzo della piattaforma per la gestione di situazioni con alto livello di interazione.

Ogni tipologia evidenzia un approccio specifico alle problematiche didattiche e quindi la sua applicabilità dipende dal contesto formativo.

La prima tipologia è orientata a un approccio collaborativo e fa riferimento quindi a una metodologia di collaborative learning.

La seconda e la terza tipologia lasciano poco spazio alla collaborazione e riguardano prevalentemente un lavoro individuale, rispondendo bene alle esigenze della formazione professionale.

La quarta tipologia focalizza l'attenzione sul discente, si fonda quindi su un approccio centrato sullo studente, rilevandosi appropriata in contesto scolastico.

Analizziamo, a questo punto, due tra le piattaforme open source più utilizzate per la formazione in rete: Claroline [S10] e Moodle [S5]; sono entrambe delle LCMS, quindi consentono di gestire le due variabili di un processo formativo: persone e contenuti.

Claroline si contraddistingue per una grafica essenziale che facilita la navigazione e il reperimento di informazioni e risorse.

Vediamo come si presenta la Home Page di Claroline nella figura 1.

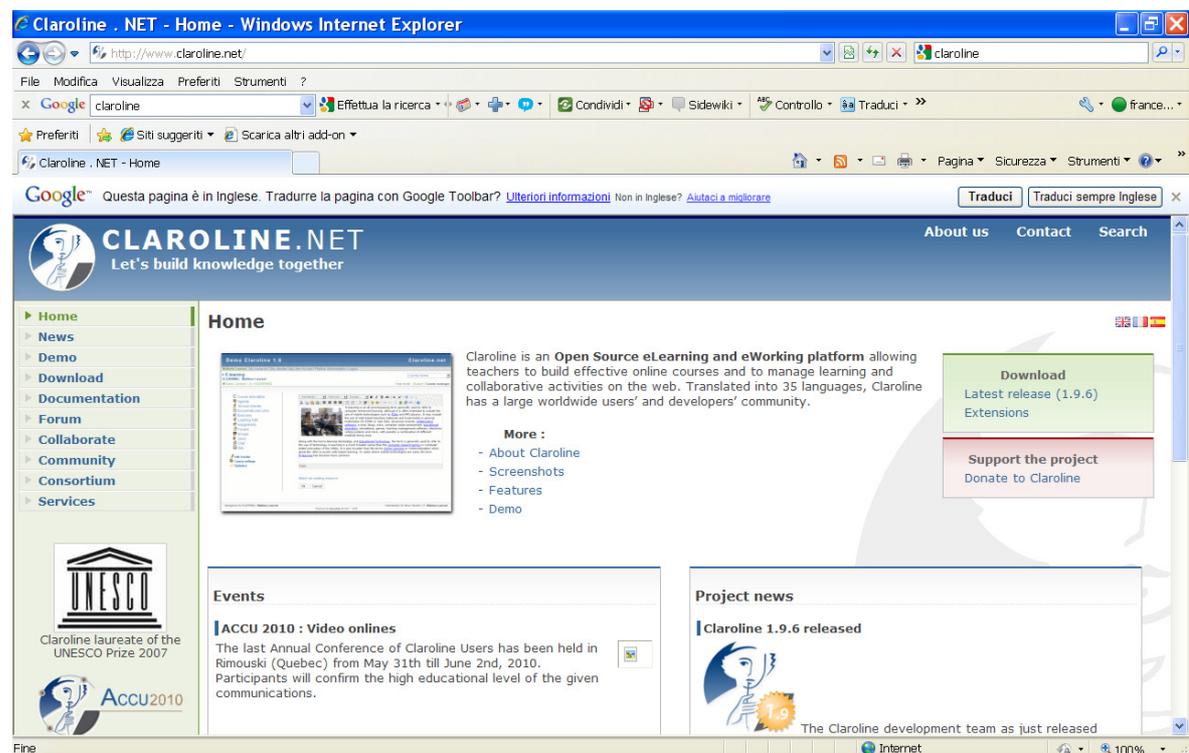


Figura 1: Home Page di Claroline [S10].

Per quanto riguarda l'accesso e l'utilizzo della piattaforma, sono previste tre tipologie di utenza:

- Studente/utente;
- Docente/amministratore;
- Tutor.

In particolare il docente differisce dal tutor in quanto al secondo non è possibile creare un corso.

La piattaforma possiede diverse funzionalità. La funzione “Agenda” è un calendario in cui si trovano gli appuntamenti previsti in piattaforma; in “Annunci” si inseriscono avvisi vari; in “Documenti” si possono trovare materiali didattici e altre utilità del corso; in “Esercizi” vengono inseriti esercitazioni proposte; nella sezione “Percorsi formativi” vi sono i moduli didattici del corso; in “Compiti” il docente può assegnare agli studenti dei compiti da svolgere; in “Forum” si formano gruppi di discussione tematici; in “Gruppi” è possibile assemblare gli studenti in modo che

formino dei gruppi di studio e in “Wiki” è possibile creare dei contenuti in modalità collaborativa.

Nella figura 2 troviamo la visualizzazione dell’elenco delle funzionalità di Claroline.

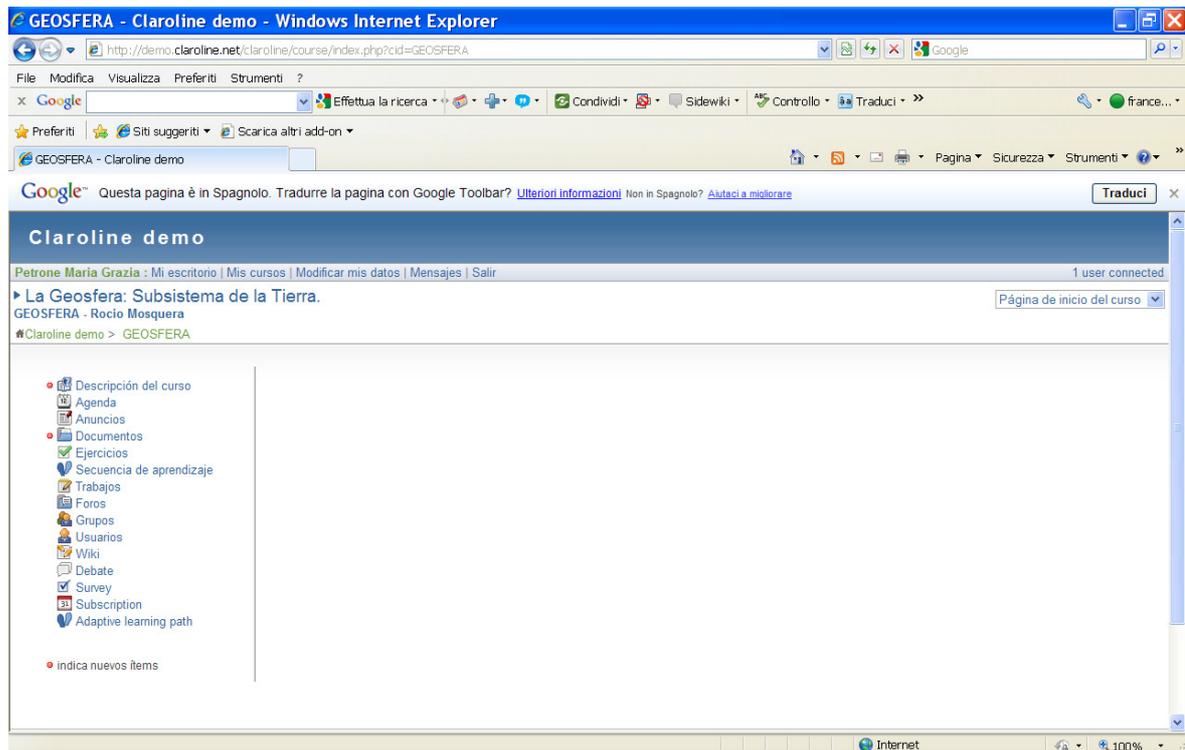


Figura 2: Funzionalità di Claroline.

Il livello generale di usabilità e di strutturazione delle funzioni è ottimo, l’interfaccia è semplice da usare. Possiamo affermare che Claroline, pur non raggiungendo il livello di flessibilità e di ricchezza funzionale di Moodle, rappresenta uno strumento che offre un ottimo equilibrio tra funzionalità del sistema, interattività e semplicità.

Moodle presenta numerose risorse, ma soprattutto eccelle nella creazione di test; la piattaforma possiede una buona grafica ma presenta qualche difficoltà nella navigazione per via delle numerose funzioni che in fase di gestione sono lunghe da configurare.

Vediamo come si presenta la Home Page di Moodle nella figura 3.

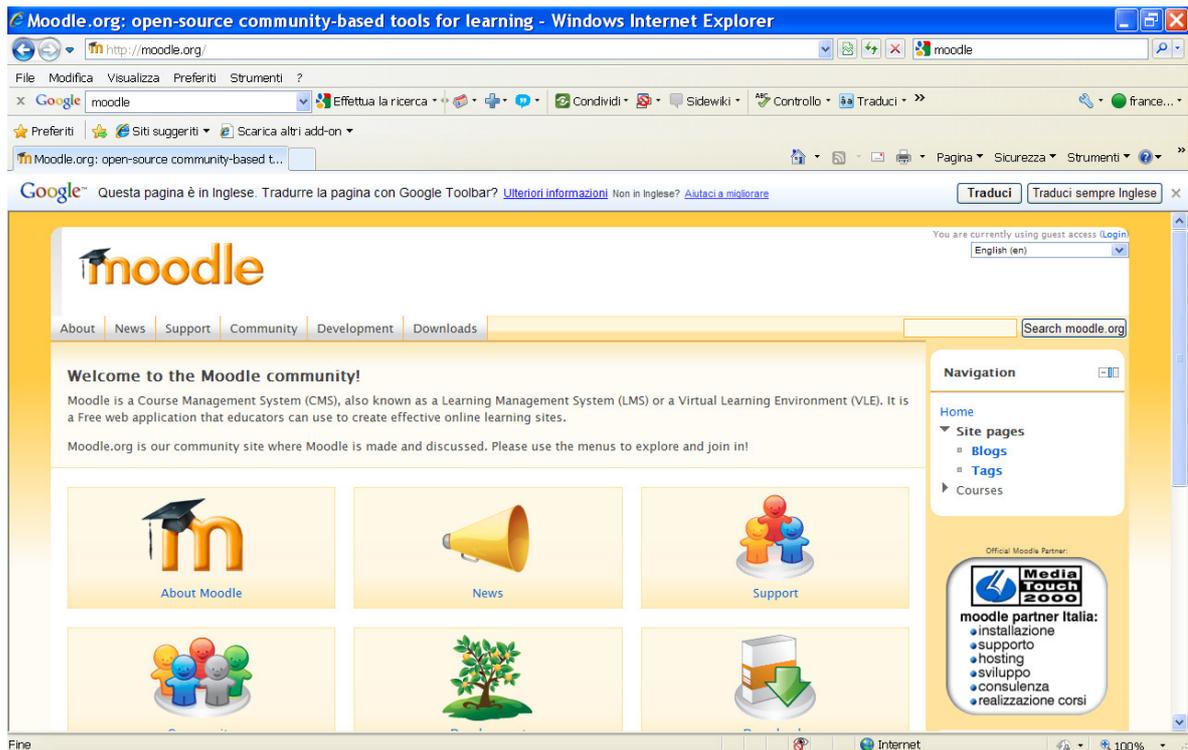


Figura 3: Home Page di Moodle [S5].

L'accesso a Moodle è previsto per tre differenti figure:

- Studente;
- Insegnante;
- Amministratore.

Quest'ultimo ha il compito di gestire i ruoli di tutti gli insegnanti e di attribuire loro diverse funzioni all'interno del corso.

Oltre alle funzionalità già menzionate per Claroline, troviamo il “Rapporto attività” che consente di avere sottomano il tracciato di tutte le operazioni e le azioni compiute dagli studenti, nonché descrive la partecipazione ai forum e alle esercitazioni.

Nella figura 4 troviamo la visualizzazione di un corso costruito con Moodle. Sulla sinistra troviamo la sezione che contiene l'elenco delle funzionalità disponibili, i partecipanti e le attività programmate; al centro vi è lo schema di un contenuto, in particolare si tratta di un test di autoverifica e sulla destra è possibile consultare le ultime notizie, i prossimi eventi e l'attività più recente.

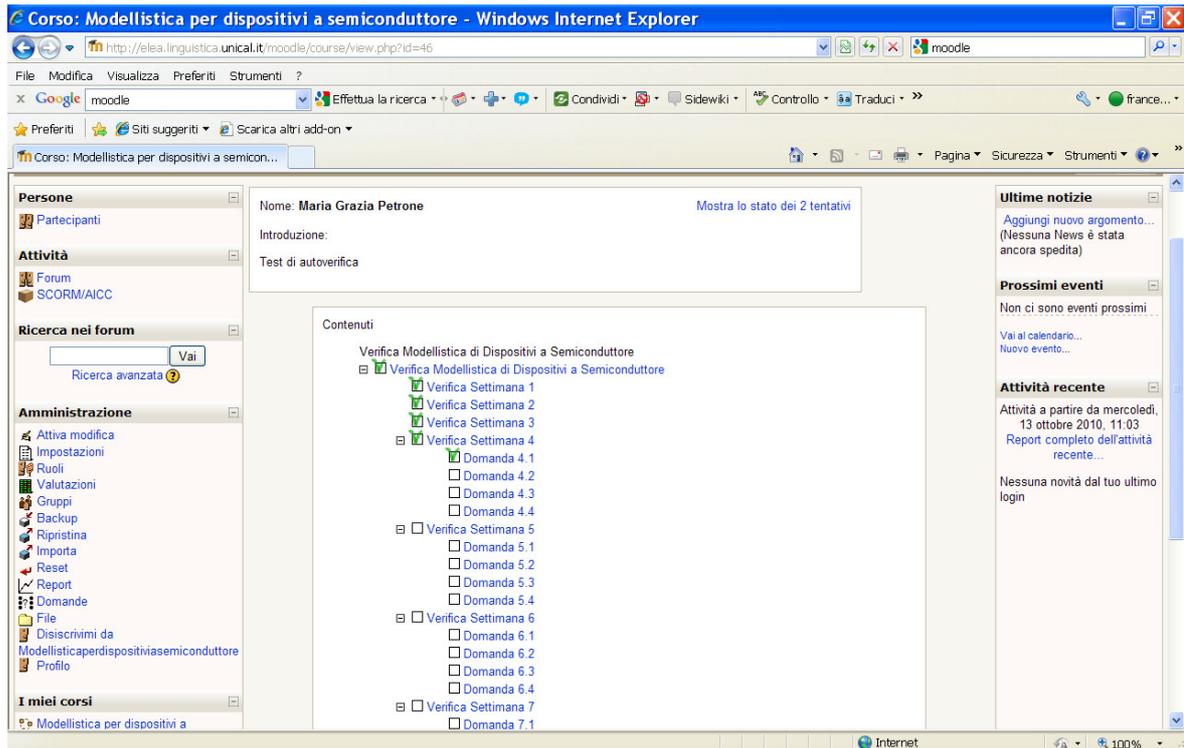


Figura 4: Funzionalità di Moodle e visualizzazione di un test di autoverifica.

Anche se Moodle è la LCMS più diffusa, nell'ambito della ricerca svolta è stata utilizzata una piattaforma Claroline sulla quale si basa il sistema di eLearning della Facoltà di Ingegneria dell'Università della Calabria.

1.4.2 Costruzione dei learning object: editor per l'eLearning

Tra gli editor che consentono di costruire LO analizziamo eXe-Learning in quanto è stato l'editor utilizzato nell'ambito della ricerca svolta.

eXe-Learning è semplice da usare e gratuito, produce oggetti in formato html, inoltre dispone di numerosi modelli (template) pronti per realizzare oggetti didattici di diverso tipo; funziona con l'ausilio di Mozilla Firefox al quale si appoggia. Il programma è stato sviluppato presso la Auckland University of Technology per conto della Tertiary Education Commission della Nuova Zelanda; possiede un'interfaccia in italiano che ne rende semplice la diffusione anche in Italia.

L'editor, oltre a generare files in formato html, permette di esportare i contenuti realizzati in formato SCORM, (Shareable Courseware Object Reference Model:

successivamente ne spiegheremo il significato) e di inserire quanto prodotto direttamente in una piattaforma eLearning; utilizzando invece il formato .elp è possibile lavorare in collaborazione in quanto si può modificare il documento attraverso eXeLearning stesso.

eXeLearning si presenta con un'interfaccia semplice in cui troviamo sulla sinistra due frame che consentono di organizzare il modulo da creare (vedi Figura 5).

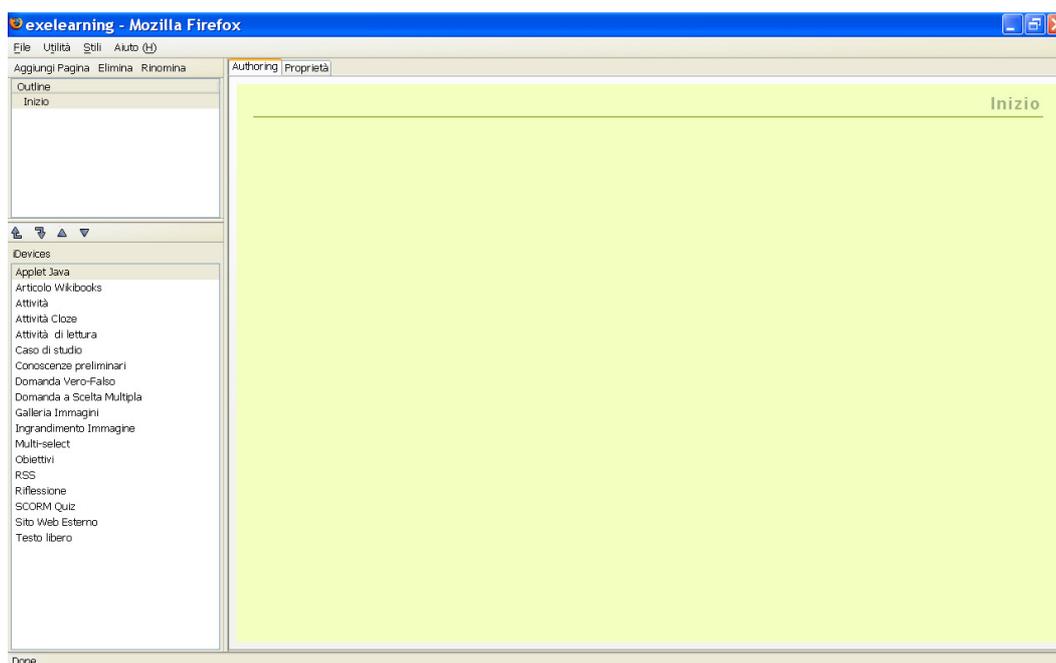


Figura 5: Interfaccia eXe-Learning.

Il frame superiore organizza la struttura dei contenuti in sezioni e sottosezioni, quello inferiore consente di costruire diverse tipologie di contenuti selezionando ciò che si desidera come ad esempio:

- Incorporare applet Java;
- Inserire articoli da Wikipedia;
- Programmare diverse tipologie di attività, studio di casi;
- Inserire le conoscenze preliminari e gli obiettivi del percorso didattico;
- Progettare differenti test di autoverifica: domanda vero-falso, domanda a scelta multipla, Multi-select, SCORM quiz;
- Aggiungere immagini, siti web esterni, video.

Il lato destro è dedicato all'editing che possiede strumenti abbastanza ricchi e numerosi pulsanti che offrono assistenza.

Se gli strumenti offerti non risultassero sufficienti è possibile costruire altre forme di oggetti didattici secondo le esigenze del docente.

1.4.3 Interoperabilità e condivisione di risorse

Trattiamo ora il problema dell'interoperabilità e della condivisione di risorse in quanto l'eLearning ha bisogno di uno standard comune che consenta la trasferibilità dei contenuti, l'integrazione e la scelta degli stessi in base a caratteristiche e classificazioni univoche e la certificazione delle competenze acquisite.

Per raggiungere tali obiettivi, è stato sviluppato un modello di riferimento che mira prevalentemente a un'interoperabilità tecnica dei LO tra le diverse piattaforme di eLearning. Questo modello prende il nome di Shareable Courseware Object Reference Model (SCORM) ed è stato sviluppato nel 1997 all'interno del progetto Advanced Distributed Learning del Ministero della Difesa degli Stati Uniti.

L'architettura degli oggetti di SCORM include quattro elementi essenziali:

1. Learning Object (LO): entità minima di cui si compone un corso secondo un'architettura modulare;
2. Learning Management System (LMS): piattaforma tecnica su cui avviene la formazione online;
3. Course Structure Format (CSF): un insieme di istruzioni sulla struttura del corso che ne permettono la fruizione in LMS differenti, purché SCORM compatibili;
4. Runtime: il sistema informatico che avvia il corso, rispondendo alle azioni dello studente.

Riassumendo, lo standard SCORM specifica i criteri per il riutilizzo, il tracciamento e la catalogazione dei LO; cioè ogni LO, per essere compatibile con lo standard SCORM, deve possedere le seguenti caratteristiche:

- Essere riutilizzabile, cioè trasportabile su qualsiasi piattaforma compatibile senza perdere funzionalità;

- Poter dialogare con una LMS in cui è incluso, passandogli dati utili al tracciamento dell'attività del discente come ad esempio il tempo trascorso in una lezione, i risultati conseguiti, ecc... ;
- Essere catalogabile attraverso dei metadati (informazioni che descrivono un insieme di dati) in modo da poter essere indicizzato e ricercato all'interno della LMS.

Nelle specifiche SCORM lo schema Metadata adottato per la descrizione dei LO è il Learning Object Metadata (LOM) a cura dell'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

Il modello Metadata LOM oltre a offrire una griglia descrittiva della risorsa, include anche indicazioni su come dovrebbe essere fruita, sulle caratteristiche dei destinatari e sul paradigma educativo di riferimento.

Recenti ricerche mostrano, inoltre, come la creazione di ontologie (strutture per collegare i dati) possa agevolare l'interoperabilità tra sistemi eLearning, favorendo il recupero delle informazioni [76].

1.5 Usabilità

Con il termine usabilità ci si riferisce a un attributo di qualità che valuta come le interfacce utente siano facili da utilizzare. Chi si occupa di usabilità analizza i possibili metodi per migliorare la facilità d'uso durante il processo di progettazione di un sistema di eLearning.

Secondo Nielsen [53] parlando di usabilità occorre tenere presente i seguenti indicatori:

- **Learnability:** Grado di difficoltà che incontra l'utente nel realizzare i compiti assegnati la prima volta che si accinge ad utilizzare il prodotto;
- **Efficienza:** Una volta che gli utenti hanno imparato ad usare il prodotto, ci si chiede come si potrebbero eseguire più rapidamente i compiti;
- **Memorability:** Quando gli utenti tornano ad utilizzare il prodotto dopo un periodo di non utilizzo, ci si chiede come si può stabilire nuovamente professionalità in modo semplice;

- Errori: Quanti errori fanno gli utenti, quanto sono gravi e come si possono correggere in modo facile;
- Soddisfazione: Piacevolezza di utilizzo del prodotto.

Dunque un software usabile deve consentire all'utente l'esecuzione di tutti i compiti per i quali è stato progettato e deve presentare delle modalità di funzionamento accettabili per il fruitore, il quale non deve avvertire difficoltà nel cimentarsi nell'uso della tecnologia proposta.

Il problema da affrontare e risolvere sarà come migliorare la fruibilità dei prodotti software educativi in modo da supportare la comunicazione e permettere un'adeguata organizzazione degli ambienti, delle attività e dei contenuti.

I principi sui quali si basa lo studio dell'usabilità di un prodotto software sono [55]:

- Realizzare un dialogo semplice e naturale;
- Semplificare la struttura dei compiti;
- Favorire il riconoscimento piuttosto che il ricordo;
- Rendere visibile lo stato del sistema;
- Prevenire e limitare gli errori di interazione e facilitarne il recupero;
- Essere coerenti;
- Facilitare la flessibilità d'utilizzo e l'efficienza dell'utente;
- Fornire help e manuali.

Dopo aver chiarito cosa si intenda per usabilità occorre considerare i metodi di valutazione che consentono di affermare se e quanto un determinato prodotto software sia usabile.

Non esiste un unico metodo, ma vi sono diverse tipologie di metodi valutativi con caratteristiche differenti, in relazione a particolari obiettivi di valutazione.

Tra i metodi più noti e maggiormente utilizzati abbiamo:

- La valutazione euristica;
- Usability walkthrough;
- La valutazione cooperativa;
- I test di usabilità;
- I questionari.

La valutazione euristica è un metodo che non coinvolge gli utenti del prodotto, ma si basa sul giudizio di più esperti di usabilità. La valutazione viene svolta attraverso un'analisi effettuata singolarmente da ogni esperto, il quale valuta sia gli aspetti statici dell'interfaccia che di comportamento. Gli esperti, in seguito alle valutazioni personali, si incontrano per discutere e confrontare le singole opinioni.

Usability walkthrough è un metodo di valutazione dell'interfaccia basato sul giudizio di esperti di usabilità, progettisti, utenti e altre figure professionali. Esistono diverse varianti di usability walkthrough, uno dei più noti è il cognitive walkthrough, basato sulla teoria dell'apprendimento esplorativo di Polson e Lewis [63]. Secondo tale teoria, il processo di problem solving di un utente si esplica attraverso quattro fasi:

- Descrizione di massima del compito che si vuole compiere;
- Esplorazione dell'interfaccia e selezione delle azioni che si eseguiranno;
- Osservazione delle reazioni dell'interfaccia per vedere se le azioni effettuate hanno avuto l'effetto desiderato;
- Determinazione dell'azione da compiere successivamente.

Applicando tale teoria alla valutazione dell'usabilità si ha che le varie caratteristiche di un prodotto risulteranno correlate alla facilità di apprendimento delle stesse.

In altre parole, se il modello del prodotto è difficile da comprendere e apprendere, allora sarà anche difficile da imparare e ricordare.

Lo scopo del cognitive walkthrough è evidenziare eventuali errori di progettazione dell'interfaccia che potrebbero interferire negativamente con la facilità di apprendimento delle modalità di utilizzo da parte dell'utente finale.

La valutazione cooperativa è un metodo basato sul *thinking aloud protocol*, una tecnica utilizzata inizialmente nel campo della ricerca psicologica che consiste nel far verbalizzare agli utenti quello che pensano durante l'esecuzione di una attività o di un compito. L'utente prova a eseguire delle attività in interazione con il prodotto software e verbalizza tutto quello che pensa durante l'interazione. Un osservatore registra quello che l'utente dice ed esegue sull'interfaccia, con particolare riferimento alle difficoltà che incontra. Il ruolo dell'osservatore si limita all'osservazione e alla registrazione, durante la sessione d'interazione l'osservatore

non interviene in alcun modo. La valutazione cooperativa è simile al *thinking aloud protocol*, ad eccezione del fatto che l'osservatore e l'utente interagiscono durante la sessione di valutazione. L'utente è incoraggiato a criticare attivamente il prodotto e l'osservatore può intervenire durante i momenti più critici dell'interazione per indagare sulle difficoltà dell'utente e verificare proposte alternative.

Il test di usabilità rappresenta uno dei metodi più efficaci di verifica dell'interazione tra utente e interfaccia. Consiste nell'esecuzione, da parte di un campione di utenti finali, di una serie di compiti o attività in interazione con il prodotto software da testare. Le difficoltà che gli utenti incontrano durante il test vengono analizzate per individuarne le cause e decidere le soluzioni per il miglioramento del prodotto.

I questionari sono particolarmente adatti per la valutazione dell'usabilità di prodotti già rilasciati in quanto la compilazione di un questionario implica la conoscenza del prodotto sul quale si deve esprimere il giudizio. Possono essere utilizzati per rilevare e monitorare la percezione di usabilità che maturano gli utenti in relazione al tempo di utilizzo (a tal riguardo si veda anche [54]).

1.6 Conclusioni

Come abbiamo già detto, la metodologia eLearning non è una semplice trasmissione di saperi che avviene con mezzi informatici, ma un percorso di apprendimento che coinvolge la persona inserendola in un ambiente virtuale in cui i rapporti interpersonali e le peculiarità del singolo studente sono al centro del processo didattico.

L'eLearning rappresenta un nuovo paradigma di riferimento per pensare, progettare e gestire la formazione a distanza, capace di garantire rapidità, flessibilità, controllo dei costi e soprattutto capillarità di diffusione.

Lo strumento basilare di un percorso di eLearning è la piattaforma tecnologica, abbiamo distinto quattro tipologie di utilizzo di piattaforme in funzione dei modelli didattici e degli stili di insegnamento/apprendimento sui quali si basano e abbiamo parlato degli strumenti e delle tecnologie disponibili.

Infine ci siamo soffermati sulla trattazione del problema dell'usabilità in quanto nella progettazione di un sistema di eLearning occorre considerare i principi che sono alla base dell'usabilità di un prodotto software. Infatti non bisogna trascurare il punto di vista dell'utente, il quale, in qualità di utilizzatore della piattaforma, dovrà giudicare la struttura agevole e intuitiva.

Nel capitolo successivo analizzeremo le teorie psicologiche sulle quali si basa la metodologia dell'eLearning, in particolare ci riferiremo al costruttivismo, nato nel XVI secolo con il filosofo Giambattista Vico.

Capitolo 2: Aspetti didattici dell'eLearning

2.1 Introduzione

Nei primi sessant'anni del '900 abbiamo assistito a una didattica che poneva al centro dei processi educativi la figura del docente il quale si limitava a trasmettere contenuti eludendo ogni forma di interazione all'interno della classe. Il discente doveva passivamente assorbire le conoscenze trasmesse dal docente. Tale concezione della didattica si fondava sulle teorie comportamentiste che avevano ridotto l'apprendimento al modello stimolo-risposta, comportando l'instaurazione di un ambiente di apprendimento in cui la comunicazione avveniva in modo unidirezionale, dal docente al discente.

Al termine del periodo dominato dal comportamentismo, nasce la psicologia cognitiva nell'ambito della quale si sviluppa il costruttivismo per opera soprattutto di Piaget [42]. Queste nuove teorie influenzano la didattica e a partire dal 1970 prendono il sopravvento orientamenti didattici volti a valorizzare l'autonomia e la responsabilizzazione del discente che apprende; si rivolge maggiore attenzione alle esigenze degli allievi, orientandoli all'assunzione di responsabilità e all'iniziativa personale. Assistiamo quindi a una rivalutazione dello studio autonomo, ricollocato al centro dell'apprendimento.

Affrontando il problema dell'autonomia si preferisce un approccio basato sulla personalizzazione (far sì che ognuno sviluppi i propri personali talenti) rispetto a quello tradizionale basato sull'individualizzazione (assicurare a tutti gli studenti il raggiungimento delle competenze fondamentali previste dal curriculum, attraverso una diversificazione dei percorsi d'insegnamento). In altre parole in un approccio basato sull'individualizzazione gli obiettivi sono comuni per tutti, invece con la personalizzazione ognuno persegue i propri obiettivi in funzione delle specifiche capacità, attitudini e interessi.

Si parla, infatti, di autonomia quando gli studenti individuano le proprie esigenze di apprendimento, formulano gli obiettivi didattici, scelgono i contenuti, sviluppano strategie di apprendimento, si procurano materiali, nonché organizzano, controllano e valutano da soli l'apprendimento. In questa prospettiva si inserisce il concetto di apprendimento per scoperta sviluppato da Bruner, secondo cui è importante dare al discente fiducia nelle sue capacità intellettive e stimolando il pensiero autonomo rispetto ai canoni conoscitivi dell'insegnante [16].

Fra gli apporti maggiormente interessanti vi è la "psicologia umanistica", secondo cui gli uomini aspirano a una continua autorealizzazione [S21]. Da tale prospettiva ne deriva un radicale cambiamento dell'atteggiamento dell'insegnante, il quale da "trasmettitore" di conoscenza si trasforma in "facilitatore" dell'apprendimento e al centro del processo di apprendimento è posto il discente.

Sempre nell'ambito della psicologia cognitiva nasce ad opera di Papert il costruzionismo; secondo Papert l'apprendimento avviene tramite un processo di costruzione di rappresentazioni del mondo con cui si interagisce. La novità del costruzionismo rispetto al costruttivismo consiste nell'introduzione di artefatti cognitivi (oggetti e dispositivi che facilitano l'acquisizione di apprendimenti specifici) [60].

Per quanto riguarda le tendenze contemporanee, negli ultimi cinque anni Siemens ha proposto la teoria connettivista come principio del nuovo modo di approcciarsi alla conoscenza, basato sulla ricerca di informazioni nel Web, sulla condivisione e la personalizzazione dei percorsi di apprendimento.

Secondo il Connettivismo l'apprendimento è un processo che crea delle connessioni tra i saperi e sviluppa così una rete di conoscenze collegate tra di loro.

Fra le critiche emerse in questi anni Mohamed Ally sostiene che tale teoria sia la più appropriata per l'eLearning [7].

Altri invece ritengono che il connettivismo non sia una teoria dell'apprendimento, ma semplicemente un quadro concettuale che assembla diverse teorie dell'apprendimento nel contesto socio-culturale contemporaneo. In particolare Pløn Verhagen parla del connettivismo come di "visione pedagogica" [82], mentre Bill

Kerr ritiene che le teorie dell'apprendimento esistenti siano perfettamente in grado di spiegare l'apprendimento nell'era digitale [S1].

Possiamo affermare che nell'ambito dell'eLearning le teorie alle quali facciamo riferimento sono il costruttivismo, il connettivismo e il costruzionismo. Infatti, come abbiamo già visto nel capitolo precedente, un percorso di eLearning affinché possa essere denominato tale deve possedere un alto grado di interazione, collaborazione, flessibilità e personalizzazione, cioè il soggetto che apprende è il protagonista del processo di apprendimento, tutti elementi che sono alla base della teoria costruttivista. Ma allo stesso tempo un percorso di eLearning si sviluppa attraverso l'uso delle risorse del Web e la teoria che descrive meglio i processi di apprendimento sviluppati online è proprio il connettivismo.

2.2 L'apprendimento

Il termine apprendimento inizia a essere usato nei primi anni del '900 con la nascita delle teorie Comportamentiste [50]. Secondo il comportamentismo l'apprendimento è l'acquisizione di nuove conoscenze o comportamenti e si verifica attraverso il modello stimolo-risposta; cioè quando a una variazione dell'ambiente (stimolo) corrisponde un cambiamento del comportamento (risposta) che permane nel tempo, attuando in tal modo un'acquisizione di conoscenza.

Dopo la seconda guerra mondiale iniziarono le critiche nei confronti del comportamentismo, (citiamo in particolare la critica alla non osservabilità dei processi cognitivi e dei fatti mentali) e si fece strada il desiderio di tornare a osservare l'interno dell'individuo; da tale esigenza nacque il cognitivismo, una corrente di pensiero che ebbe come precursore Piaget, Bruner, Tolman e altri.

Secondo Piaget apprendere significa adattarsi ai cambiamenti dell'ambiente e tale adattamento è la conseguenza dell'assimilazione e dell'accomodamento [42]. L'assimilazione consiste nell'incorporazione delle esperienze nuove nei propri schemi mentali, cioè gli schemi mentali già noti sono utilizzati per affrontare e

risolvere situazioni nuove. L'accomodamento è la modifica di tali schemi mentali già posseduti sotto la spinta continua di nuovi dati che provengono dall'esperienza. I due processi si alternano alla costante ricerca di un equilibrio fluttuante (omeostasi) ovvero di una forma di controllo del mondo esterno; quando una nuova informazione non risulta immediatamente interpretabile in base agli schemi esistenti il soggetto entra in uno stato di disequilibrio cognitivo e cerca di trovarne un nuovo modificando i suoi schemi mentali e incorporandovi le nuove conoscenze da acquisire.

Tra i maggiori esponenti del costruttivismo vi è Bruner, il quale sostiene la notevole influenza esercitata dal contesto culturale nei confronti dello sviluppo cognitivo. Vygotskij, rifacendosi a Bruner, ribadisce la centralità dei fattori socio-culturali nel processo dello sviluppo cognitivo e nel libro "Pensiero e linguaggio" afferma che l'apprendimento umano presuppone una natura sociale specifica e un processo attraverso il quale i bambini si inseriscono gradualmente nella vita intellettuale di coloro che li circondano [85].

2.3 Il connettivismo

Siemens, osservando il diffondersi dell'uso del Web 2.0 e il conseguente cambiamento del modo di approcciarsi alla conoscenza, ha pensato di proporre una nuova teoria dell'apprendimento denominandola connettivismo [S12].

La conoscenza è il risultato di processi dinamici di interconnessioni tra diversi ambiti del sapere. I prodotti del Web 2.0 (blog, wiki, ecc.) contribuiscono alla creazione di queste connessioni della conoscenza.

Prima della diffusione del Web 2.0 tale aspetto non emergeva con chiarezza e il sapere tendeva ad essere considerato come un qualcosa di statico e organizzato, sviluppato da esperti di ogni singolo settore.

Alla base della teoria del connettivismo vi è la creazione di questa rete di connessioni tra differenti saperi.

Secondo Siemens, nella società contemporanea centrata sull'evoluzione tecnologica e sociale, alla base dello sviluppo dei processi di apprendimento vi è la

capacità di connettersi alle reti del sapere. Non è importante conoscere ogni singolo contenuto, quanto piuttosto conoscere il percorso per acquisirlo nel modo più semplice possibile.

Ad esempio, l'enciclopedia Wikipedia si fonda sulla costruzione di contenuti legati il più possibile tra loro.

Un altro aspetto centrale della teoria connettivista è la creatività intesa come indice della capacità di trovare nuove connessioni tra le idee e i concetti.

Nell'ottica connettivista apprendere non significa solo acquisire nuove conoscenze, ma recepire un metodo per esplorare le diverse aree del sapere e fare delle scelte.

Il connettivismo per Siemens è la teoria didattica più appropriata dell'era digitale.

L'insegnamento basato sul connettivismo ha le seguenti caratteristiche:

- Caotico (non deve seguire schemi rigidi e percorsi predefiniti);
- Creativo (durante l'apprendimento si deve cercare di contribuire alla creazione di nuovo sapere);
- Complesso (deve fornire tutte le possibili sfaccettature di un concetto);
- Creatore di connessioni tra diverse aree e tra concetti;
- Promotore della capacità di prendere decisioni;
- Creatore di incertezze poiché il dubbio porta al desiderio della conoscenza.

Sebbene Siemens ritenga la propria teoria una nuova forma di apprendimento, diverse sono le critiche che ritengono tale affermazione eccessiva.

Quando si costruiscono dei contenuti didattici per sistemi di eLearning si fa riferimento al connettivismo in quanto vengono inseriti link che collegano l'argomentazione ad altri contenuti, effettuando una rete di connessioni tra i concetti.

Riteniamo quindi che il connettivismo di Siemens sia idoneo per operare una descrizione di come avviene la ricerca di informazioni nel Web.

2.4 Il costruttivismo

Il costruttivismo nasce con il filosofo Giambattista Vico che agli inizi del XVI secolo mette in discussione il metodo scientifico introdotto da Cartesio, asserendo

che la mente umana giudica le cose lontane e inaccessibili tramite ciò che le è familiare e vicino e facendo corrispondere la conoscenza razionale alla costruzione della mente che organizza l'esperienza [8].

Il costruttivismo è sorto dall'esigenza di superare la visione Cartesiana secondo la quale la conoscenza deriva dalla realtà che esiste indipendentemente dal soggetto. Infatti, per i costruttivisti, è la mente che si costruisce la propria rappresentazione della realtà che non può essere considerata indipendente da colui che la osserva.

La psicologia cognitiva contemporanea riprende questa concezione Vichiana inserendola nel principio di "assimilazione" di cui abbiamo parlato precedentemente riguardo alla teoria Piagetiana dell'apprendimento.

In alternativa a un approccio educativo basato sulla centralità dell'insegnante, il costruttivismo assume che la conoscenza è il prodotto di una costruzione attiva da parte del discente, ha carattere "situato", cioè è collegata alla situazione concreta in cui avviene l'apprendimento, e nasce dalla collaborazione sociale e dalla comunicazione interpersonale.

La conoscenza è un "fare il significato" [15], cioè è un'operazione d'interpretazione creativa che lo stesso soggetto attiva tutte le volte che vuole comprendere la realtà che lo circonda. In particolare i costruttivisti sottolineano il carattere sociale della costruzione del significato, prodotto di una continua negoziazione culturale.

Secondo la teoria costruttivista l'apprendimento è definito significativo se integra sette istanze fondamentali: essere attivo (gli studenti sono partecipi del processo di apprendimento), collaborativo (le attività formative vengono svolte in un clima di collaborazione tra pari e con il docente), conversazionale (il dialogo formativo è alla base di ogni attività proposta), riflessivo (le conoscenze acquisite devono portare gli alunni a riflettere sul percorso effettuato), contestualizzato (la conoscenza deve essere legata alla realtà), intenzionale (l'apprendimento avviene perché lo studente si impegna a raggiungere tale scopo), costruttivo (le conoscenze non vengono trasmesse, ma costruite) [38].

Il fine ultimo di ogni attività didattica è l'interiorizzazione di una metodologia d'apprendimento che renda il soggetto autonomo nei propri processi conoscitivi.

Riprendendo il pensiero di Bruner [16], possiamo affermare che le discipline non sono viste come semplici depositi di nozioni, bensì come complessi organizzati e coerenti di conoscenze e traendo ispirazione da una metafora di Wittgenstein [87] possiamo visualizzare la conoscenza come un attraversamento non lineare e multiprospettico di un territorio, per cui occorre passare più volte dallo stesso luogo, ma da direzioni diverse, per favorirne il possesso. I contenuti devono essere riusati più volte, rivisitati in tempi diversi e in contesti modificati. Secondo quest'ottica, ogni problematica può essere insegnata a chiunque ad ogni età.

Sul piano didattico non si può evitare di mettere in rapporto il costruttivismo con l'attivismo; infatti, l'esigenza di uscire da un apprendimento formale, astratto e decontestualizzato a favore di un apprendimento basato su compiti autentici, situato, rimanda inequivocabilmente alle riflessioni sul ruolo dell'esperienza nel processo educativo presenti in tutta l'opera di Dewey [19].

L'attivismo pedagogico è un metodo educativo che ebbe origine alla fine del XIX secolo, prevalentemente ad opera del filosofo Americano John Dewey.

Nell'ambito dell'attivismo l'insegnante è visto come la guida nel processo di scoperta del discente e l'insegnamento è personalizzato secondo gli interessi e i bisogni del singolo. Le scuole attive operano offrendo un sapere che serve per la vita.

Tuttavia è da notare una notevole differenza tra il costruttivismo e l'attivismo, in quanto, nel costruttivismo troviamo una maggiore attenzione alla dimensione metacognitiva e il complesso di regole comportamentali e sociali ha un'articolazione fortemente strutturata.

Con il termine metacognizione si intende una serie di capacità e abilità che comprendono: la riflessione su quanto si sta facendo e su come funzionano i propri processi cognitivi, la capacità di individuare un problema e di prevedere le possibilità di risolverlo, l'immaginazione delle possibili strategie per arrivare ad un determinato obiettivo, il controllo del proprio operato in termini di valutazione e revisione, l'astrazione, la generalizzazione dei risultati e il trasferimento delle conoscenze, abilità e competenze in altri contesti [25].

La teoria del costruttivismo sociale di Vygotskij è alla base dell'attuale concezione dell'eLearning come metodologia didattica costruttivista.

Le ricerche di Vygotskij hanno dimostrato che alla base dello sviluppo individuale vi è una buona cooperazione in un ambiente sociale positivo. I processi cognitivi si attivano quando il discente interagisce con altri soggetti dello stesso ambiente, la cooperazione lo induce a riflettere e autoregolare il proprio comportamento. La possibilità di riflettere sull'attività che si sta svolgendo e di interagire all'interno del gruppo stimola il processo di interiorizzazione delle competenze; l'abitudine al confronto e alla comprensione dei punti di vista altrui porta allo sviluppo delle strategie di analisi, al pensiero critico e alla creatività.

La competenza sociale e quella individuale si sviluppano in funzione del grado di riflessione e di consapevolezza che gli studenti hanno su ciò che si sta svolgendo, pertanto il docente deve spronare e aiutare gli studenti in modo che si abituino alla riflessione, sviluppando le abilità metacognitive.

Affinché si possa arrivare all'interiorizzazione delle competenze, innanzitutto occorre instaurare all'interno della classe un clima positivo, cioè l'insieme degli atteggiamenti e delle relazioni devono consentire di poter lavorare serenamente in collaborazione tra pari e con il docente. Un altro elemento essenziale della teoria Vygotskijana è la teoria della zona di sviluppo prossimale, secondo la quale l'apprendimento deve avere per oggetto quelle funzioni che il discente non possiede ancora ma che sono in maturazione, come in uno stato embrionale. In altri termini, con zona di sviluppo prossimale si intende la distanza tra il livello di sviluppo attuale e il livello di sviluppo potenziale. Ciascuno di noi, rispetto a quanto sa fare al momento, ha un potenziale nascosto che potrebbe consentire di arrivare molto più in alto se opportunamente aiutato e facilitato attraverso un rapporto con qualcuno più esperto. In quest'ottica l'interazione sociale risulta fondamentale per lo sviluppo cognitivo e proprio grazie alle interazioni sociali l'individuo può raggiungere e sfruttare la zona di sviluppo prossimale [84].

Il docente deve progettare la proposta didattica tenendo conto dell'area di sviluppo prossimale, partendo dalle conoscenze possedute dai discenti e rendendo gli studenti

protagonisti del processo di apprendimento oltre che responsabili delle proprie azioni, favorendo in tal modo la riflessione metacognitiva.

Nel modello Vygotskijano sono proprio le abilità metacognitive che permettono di ottenere l'interiorizzazione della conoscenza e si pongono al di sopra delle conoscenze e delle competenze, in quanto controllano e regolano i processi cognitivi.

Nell'ambito della ricerca effettuata, il riferimento alla teoria costruttivista è evidente in quanto è stato sperimentato un metodo per coinvolgere gli studenti nella costruzione di contenuti didattici, in un'ottica di collaborazione all'interno di gruppi di lavoro.

2.5 Il costruzionismo

La teoria del costruzionismo di Papert, accettando la tesi di fondo del costruttivismo, secondo la quale l'apprendimento è un prodotto di una costruzione attiva del soggetto che apprende attraverso il fare, ne amplia la definizione affermando che l'apprendimento avviene attraverso un processo di costruzione di rappresentazioni del mondo con cui si interagisce. La novità principale di tale teoria consiste nell'introduzione dei cosiddetti artefatti cognitivi e cioè degli oggetti e dei dispositivi che facilitano l'acquisizione di specifici apprendimenti.

Alla base dell'introduzione di tali artefatti vi è l'idea che la mente apprenda grazie alla costruzione di oggetti e alla manipolazione degli stessi, portando a diverse rappresentazioni della realtà.

L'apprendimento avviene tramite la costruzione, lo smontaggio e la ricostruzione degli artefatti cognitivi, oltre che con l'analisi e il confronto.

Lo scopo dell'istruzione non è quello di "alimentare" le persone con del sapere codificato, ma è quello di assumersi il compito di far scoprire al soggetto stesso le specifiche conoscenze di cui ha bisogno. Il vero sapere che si promuove è quello che aiuterà ad acquisire altro sapere [59].

In quest'ottica costruzionista il computer trova ampio spazio come strumento per simulare situazioni concrete, in generale l'evoluzione tecnologica ha favorito la

possibilità di ridisegnare il rapporto tra manipolazione e apprendimento grazie alla costruzione di nuovi strumenti e materiali a supporto della didattica [11, 12].

Approcci didattici basati sull'impiego di strumenti e artefatti cognitivi promuovono una partecipazione motivata del soggetto al processo di apprendimento e contribuiscono allo sviluppo di capacità critiche nel valutare i risultati ottenuti dalle proprie esperienze [9].

Recenti ricerche evidenziano l'importanza della robotica come strumento per l'apprendimento di concetti della biologia, della psicologia, della matematica, della programmazione e della scienza in generale [10-12, 66].

Papert realizza un linguaggio di programmazione comprensibile ed utilizzabile anche da bambini di scuola primaria (LOGO), orientato alla geometria.

La tartaruga, simbolo del linguaggio LOGO, può compiere i seguenti movimenti: avanti, indietro, destra e sinistra (specificando l'angolo di rotazione in gradi); ogni movimento si riferisce all'orientamento corrente della tartaruga.

L'introduzione del linguaggio LOGO si basa sull'idea che occorre dare agli studenti la possibilità di usare il computer come uno strumento per manipolare oggetti familiari, vicini ai propri interessi rispetto alla manipolazione di contenuti astratti che rendono meno concreto il processo di apprendimento.

Attraverso l'uso del linguaggio LOGO è possibile creare ambienti di apprendimento interattivi in cui il discente può inventare, creare e ricreare la conoscenza; tali ambienti di apprendimento, denominati micromondi, permettono agli studenti di sperimentare e verificare le proprie idee rispetto a un dato fenomeno. Gli studenti, rappresentano e riproducono all'interno di un computer fenomeni del mondo reale, imparando a esplorare e manipolare i concetti.

I micromondi sono ambienti di apprendimento che permettono di:

- Sperimentare le conseguenze delle proprie scelte;
- Potenziare i propri processi decisionali sperimentando l'efficacia delle risposte rispetto alla situazione di partenza;
- Arricchire il proprio modello mentale riferito al fenomeno preso in esame;
- Immaginare situazioni creative in modo da arricchire e riformulare i contenuti del fenomeno studiato;

- Formulare soluzioni alternative rispetto a procedure standard e ripetitive [9].

Nell'ambito della ricerca effettuata, la produzione di simulazioni al calcolatore di oggetti di microelettronica si basa sull'idea del costruzionismo che prevede l'uso del computer come strumento per manipolare oggetti e creare ambienti di apprendimento, riproducendo fenomeni del mondo della microelettronica.

2.6 Modelli didattici costruttivisti

Il costruttivismo non ha sviluppato un modello didattico univoco, valido in assoluto, ma piuttosto si limita a indicare una serie di presupposti che devono essere rispettati per poter rendere l'attività formativa realmente rispondente alle esigenze contingenti. Secondo tale prospettiva le tipologie di supporto all'apprendimento programmate in un dato contesto non potranno mai essere trasferite in un altro [38]. A tal riguardo, Jonassen si limita a delineare una serie di raccomandazioni fondamentali che un ambiente di apprendimento dovrebbe sempre promuovere:

- Dare enfasi alla costruzione della conoscenza e non alla sua riproduzione;
- Evitare eccessive semplificazioni nel rappresentare la complessità delle situazioni reali;
- Presentare compiti autentici;
- Offrire ambienti di apprendimento derivati dal mondo reale, basati su casi piuttosto che sequenze istruttive predeterminate;
- Offrire rappresentazioni multiple della realtà;
- Favorire la riflessione e il ragionamento;
- Permettere costruzioni di conoscenze dipendenti dal contesto e dal contenuto;
- Favorire la costruzione cooperativa della conoscenza, attraverso la collaborazione con altri;
- Utilizzare, quando possibile, le tecnologie intese soprattutto come strumenti per amplificare la comunicazione, la condivisione di informazioni, la cooperazione e l'integrazione interpersonale.

Diviene fondamentale fare in modo che il contesto formativo sia predisposto in modo da poter offrire una varietà di stimoli e percorsi personalizzati di accesso ai contenuti.

Si deve permettere allo studente di attivare un'esplorazione attiva consona con i propri interessi e con le motivazioni all'apprendimento di nuove conoscenze.

L'apprendimento si basa su di un processo di riadattamento flessibile della conoscenza preesistente in funzione dei bisogni posti dalla nuova situazione formativa. La rielaborazione delle conoscenze possedute in funzione delle nuove esigenze promuove un pensiero creativo.

Tra le esperienze significative riconosciute quali ambienti didattici di taglio costruttivistico analizziamo le comunità di apprendimento, l'apprendistato cognitivo, gli ambienti per l'apprendimento generativo e gli ambienti di apprendimento intenzionale sostenuto dal computer.

2.6.1 Apprendimenti cooperativi di gruppo

L'intuizione secondo la quale lo sviluppo dell'allievo avviene in un contesto sociale e collaborativo, formulata da Dewey all'inizio del secolo, attraversa tutta la scuola attiva. Anche Piaget, sebbene la dimensione sociale non sia predominante nella sua teoria, sollevando l'importanza del "conflitto socio-cognitivo", cioè di un processo caratterizzato da confronti e controversie che portano i discenti a coordinare i loro punti di vista in una visione più evoluta della realtà, ha aperto un ricco filone di studi di taglio sociointerazionista.

Tra le forme concrete assunte dalla didattica in questa prospettiva collaborativa vi è quella del lavoro di gruppo [26].

Gli apprendimenti di gruppo, che includono sia le tecniche di apprendimento cooperativo di gruppo vere e proprie sia quelle di sostegno e reciprocità, trovano oggi vasti ambiti di applicazione, in un'ottica principalmente lewiniana.

Lewin, psicologo della Gestalt e fondatore della psicologia sociale, ha elaborato la teoria del campo secondo cui ogni essere umano vive in un campo in cui tutti gli elementi che entrano ed escono e tutti gli eventi che vi accadono sono interagenti e

interdipendenti, cioè lo influenzano nella sua totalità e ne sono a loro volta influenzati. Il comportamento è determinato dall'intero campo di forze, stimoli o avvenimenti in cui l'individuo è immerso. Applicando tale teoria all'apprendimento, ne ricaviamo che ogni individuo, interagendo con il gruppo, influenza il processo di apprendimento degli altri e contemporaneamente ne è influenzato. L'apprendimento è un processo di scoperta del proprio modo di rapportarsi alle persone, alle cose, alle idee e si realizza quando l'individuo si rende conto dell'inadeguatezza dello stato attuale di organizzazione e tende ad un campo percettivo più ricco [45].

Il *collaborative learning*, secondo Kaye è un apprendimento individuale come risultato di un processo di gruppo. L'individuo impara interagendo con tre ambiti principali: se stesso, l'ambiente esterno e il contesto sociale.

Tale metodologia nasce proprio come condivisione di opinioni e saperi; esso tende a una "rielaborazione" di contenuti che aiuti a ricollocare le differenze, rendendole da un lato meno in contrasto l'una con l'altra e dall'altro compresenti in una soluzione finale che ne mantenga l'identità senza rinunciare a un risultato comune, rimodellato a partire dalle molte proposte iniziali.

Il singolo scompare mentre diventa parte integrante di un corpo collettivo all'interno del quale riacquista la propria identità, gli studenti sono responsabili dell'apprendimento dei compagni così come del proprio.

Il collaborative learning è un processo aperto all'interno del quale un obiettivo specifico viene perseguito con metodi e regole non predefiniti, ma negoziati fra i membri del gruppo.

I tre elementi principali della metodologia del collaborative learning individuati da Kaye [41] sono:

- Interdipendenza tra i membri del gruppo: impegno nell'aiuto reciproco, senso di responsabilità per il gruppo e i suoi obiettivi;
- Condivisione di compiti e gestione del processo di gruppo: il ruolo del tutor sia come facilitatore sia come organizzatore è essenziale;
- Finalità di costruire qualcosa di nuovo: intenzione di "aggiungere valore".

Fra i modelli didattici più noti ricordiamo anche il *Community of learners*, ci si riferisce in particolare a un progetto educativo attivo da diversi anni sotto la

direzione di Ann Brown e Joseph Campione presso l'Università di Berkeley (California).

Una Community of learners è un particolare ambiente di ricerca cooperativa che, prendendo come modello le comunità scientifiche, fa della riflessione problematica sulla conoscenza e della mutua condivisione delle risorse intellettuali il principio ispiratore di ogni attività.

Nell'ambito della ricerca effettuata, abbiamo tratto ispirazione dalle diverse esperienze positive di metodologie didattiche di gruppo per sperimentare un approccio collaborativo alla creazione di contenuti didattici per l'eLearning.

2.6.2 Apprendistato cognitivo e ambienti di apprendimento generativo

Il modello dell'apprendistato cognitivo, sviluppato principalmente da Collins, Brown e Newman nel 1995 [23], nasce dalla constatazione del fallimento della scuola tradizionale basata sulla centralità dell'istruzione intesa come trasmissione dei saperi.

La scuola tradizionale non consente agli studenti una piena padronanza dei contenuti che trasmette, in quanto non educa i soggetti all'autonomia e alla riflessione metacognitiva, ottenendo come risultato un apprendimento che rischia di rimanere sterile, fatto di tante conoscenze da cui però non scaturiscono competenze.

L'apprendistato cognitivo si differenzia da quello tradizionale per una maggiore attenzione alla dimensione metacognitiva, agli aspetti del controllo e alla variazione dei contesti di applicazione.

Rispetto alle strategie tradizionali, ne vengono proposte delle nuove:

- **Articolazione:** si incoraggiano gli studenti a verbalizzare la propria esperienza;
- **Riflessione:** si orientano gli studenti al confronto dei propri problemi con quelli di un esperto;
- **Esplorazione:** si propone agli studenti di risolvere i problemi in forma nuova.

All'interno della medesima cornice teorica dell'apprendistato cognitivo possiamo inserire la sperimentazione sugli ambienti di apprendimento generativo, sviluppata dal Cognition & Technology Group a Vanderbilt nel 1993 [22].

La linea di ricerca di tale sperimentazione ha come obiettivo la valorizzazione dell'apprendimento situato, i problemi sono presentati attraverso situazioni autentiche e significative, attinte dalla vita reale; tale gruppo di ricerca, in particolare, si è occupato della didattica della matematica.

Nelle sperimentazioni effettuate con gli studenti abbiamo posto attenzione al carattere "situato" dell'apprendimento. Gli studenti hanno operato delle simulazioni di oggetti di microelettronica osservando, in tal modo, applicazioni concrete delle teorie matematiche studiate.

2.6.3 Costruttivismo e computer

Come afferma Gardner nell'ambito della sua teoria delle intelligenze multiple, in un processo di apprendimento sono coinvolte numerose abilità e tipologie di intelligenze, non bisogna cadere nell'errore di considerare solo l'intelligenza logico- astrattiva e quella linguistica, ma occorre valorizzare tutte le forme di intelligenza possedute dallo studente [50]. L'utilizzo delle tecnologie in ambito didattico può offrire uno stimolo in più a quegli studenti che non riescono a raggiungere un buon livello di apprendimento con i mezzi tradizionali, permettendo a ogni studente di mettere a frutto il tipo di intelligenza a lui più consona in modo da sviluppare al meglio le proprie potenzialità.

Il costruttivismo, affiancato alle nuove tecnologie, trova opportunità significative per sviluppare metodologie didattiche basate sulla collaborazione; in particolare la rete Internet è il luogo dove avviene la condivisione di esperienze, di dati, in cui è ormai abitudine comune ricercare informazioni e saperi specifici. Le tecnologie della comunicazione possono essere utilizzate come strumento per creare ambienti di apprendimento attivi. Essi forniscono agli studenti strumenti per attivare il confronto e la discussione fra pari e con i docenti, agendo in tal modo da stimolo all'acquisizione di nuove conoscenze [20].

La *Cognitive Flexibility Theory* è una teoria che si basa sull'utilizzo degli ipertesti e si concretizza nell'approccio costruttivistico *Cognitive Flexibility Hypertexts*. Un ipertesto è un aggregato di documenti messi in relazione tra loro tramite delle "parole chiave", la caratteristica principale di un ipertesto è che la lettura può svolgersi in maniera "non lineare" cioè un qualsiasi documento può essere "il successivo" in base alla parola chiave scelta dal lettore come collegamento. La *Cognitive Flexibility Theory* mette in risalto la complessità del mondo reale e la necessità di fare apprendere in una molteplicità di modi favorendo la produzione di rappresentazioni mentali multiple della conoscenza; risulta pertanto fondamentale la rivisitazione degli stessi contenuti in tempi e contesti differenti secondo l'ottica della spirale di Bruner [16].

Bruner sostiene che l'apprendimento avviene ritornando su ciò che è già stato appreso attraverso la riflessione e l'approfondimento dei concetti; infatti, uno stesso argomento può essere trattato con diversi livelli di difficoltà in base alle conoscenze possedute dal discente.

L'attività conoscitiva è vista come riadattamento flessibile della conoscenza preesistente in funzione dei bisogni entrati in gioco nella nuova situazione; in tal senso risulta evidente l'influenza della concezione piagetiana di apprendimento.

Il computer e in particolare gli ipertesti offrono un'opportunità in più per lo sviluppo della flessibilità cognitiva, grazie all'agilità di funzionamento che consente di ottenere informazioni arrivando da differenti direzioni, inoltre i contenuti possono essere rivisitati in tempi differenti ed in contesti modificati [73].

Fra le metodologie didattiche che hanno per obiettivo la promozione dell'apprendimento collaborativo supportato dall'informatica ricordiamo il *Computer Supported Collaborative Learning (CSCL)*. Nell'ambito di un processo di apprendimento CSCL a distanza si può adottare, ad esempio, un modello didattico orientato al problema: l'apprendimento è organizzato come un progetto di lavoro cooperativo, al centro di tale progetto deve esservi un problema che gli studenti intendono comprendere e approfondire.

In definitiva, un software per metodologie di CSCL deve possedere due requisiti fondamentali:

- Supportare al meglio la comunicazione;
- Permettere un'adeguata organizzazione degli ambienti, delle attività e dei contenuti didattici.

In tale contesto l'informatica, con il supporto delle scienze della cognizione, è il mezzo attraverso il quale avvengono le comunicazioni fra gli individui coinvolti nel processo di apprendimento collaborativo ed è anche lo strumento che consente di raggiungere l'obiettivo di trasformare l'apprendimento da un processo di semplice assimilazione a un processo di costruzione attiva della conoscenza.

Tra le sperimentazioni didattiche costruttiviste basate sull'utilizzo del computer ricordiamo il progetto *Computer Supported Intentional Learning Environments (CSILE)*, orientato in particolare ad arricchire le forme di comunicazione collettiva, realizzato da Scardamalia e Bereiter nel 1993-94 [69].

All'interno di una comunità di apprendimento il presupposto principale consiste nell'accettazione del fatto che ogni singolo studente raggiungerà un livello di competenza differente. L'utilizzo della tecnologia è importante per l'instaurazione di un ambiente comunicativo che prescinde da quello tradizionale e mira a cambiare le modalità di cooperazione.

L'apprendimento viene definito "intenzionale" in quanto si vuole mettere in evidenza l'importanza della dimensione "metacognitiva", rendendo partecipi gli alunni del loro processo di apprendimento.

2.7 Project-Based Learning

Il Project-Based Learning (PBL) si colloca nell'ambito del costruttivismo in quanto enfatizza il ruolo attivo degli studenti che lavorano alla realizzazione di un progetto cercando soluzioni a problemi e assumendo un atteggiamento autocritico nei confronti di quanto prodotto.

Decidiamo di trattare con maggiore dettaglio questa metodologia di impronta costruttivista poiché la ricerca effettuata è basata su un approccio PBL per la costruzione di contenuti didattici da parte degli studenti.

Partendo da problemi concreti, gli alunni vengono stimolati alla formulazione di ipotesi, alla costruzione di strumenti, ad apprendere abilità nell'osservazione dei fenomeni indagati, alla raccolta di dati e alla valutazione critica dei risultati, basando il processo di apprendimento sul metodo scientifico.

Riportiamo la definizione di Project-Based Learning del Buck Institute of Education: *“L'apprendimento basato su progetto è un modello di insegnamento sistematico che impegna gli studenti a imparare a sviluppare competenze attraverso un processo di ricerca estesa, strutturato intorno a domande complesse e reali e intorno a prodotti e compiti attentamente progettati”* [S8].

Il PBL è una metodologia orientata al problem solving (risoluzione di problemi) connotata in chiave progettuale.

Il presupposto di tale metodologia è la capacità dei discenti di lavorare in modo autonomo, quindi risulta adatto a un ambiente di apprendimento costituito da alunni dotati di una certa maturità cognitiva.

Le caratteristiche del PBL possono essere riassunte come segue:

- Ambiente didattico basato sulla ricerca;
- Collegamento con la realtà;
- Approccio multidisciplinare;
- Programma e processo fondati su criteri predeterminati;
- Ausilio di molteplici fonti di informazione;
- Lavoro di gruppo;
- Tempi di realizzazione a lungo termine.

Il manuale operativo di PBL distribuito dal Buck Institute for Education [S8] suggerisce un format che comprende i seguenti elementi:

- Identificazione della durata prevista per l'attuazione della strategia didattica;
- Eventuali indicazioni per allineare l'attività didattica proposta a standard regionali o internazionali;
- Descrizione degli obiettivi del progetto;
- Identificazione e definizione del problema che dovranno affrontare gli studenti;

- Dettagli sulla strategia didattica;
- Identificazione dei prerequisiti necessari;
- Identificazione del setting tecnologico;
- Eventuali materiali per i docenti;
- Risorse utili agli studenti per inquadrare il problema;
- Elenco di altre risorse utilizzabili per effettuare ricerche;
- Pianificazione dettagliata delle modalità di lavoro;
- Definizione degli strumenti di verifica;
- Scheda di pianificazione delle strategie di supporto che può attuare il docente.

Nell'ottica metodologica del PBL il ruolo dell'insegnante può essere paragonato a quello di un manager che ha il compito di guidare, monitorare e valutare l'apprendimento, fungendo da coach metacognitivo. Il docente non deve interferire direttamente sull'operato degli studenti ma deve limitarsi a fornire un feedback sulle attività svolte.

Gli studenti, oltre a comprendere i contenuti, divengono risolutori attivi di problemi, responsabili del proprio apprendimento, organizzatori delle attività di ricerca, dei tempi e delle risorse; la forza trainante del processo di apprendimento è il prodotto finale, ma la chiave del successo sono le capacità acquisite durante la sua produzione.

Se si utilizza una tecnologia di supporto all'apprendimento, il lavoro diviene più efficiente; infatti, la capacità di usare le applicazioni informatiche è un aspetto fondamentale per la strutturazione e la produzione di materiale progettuale.

Pur considerando l'aspetto collaborativo del PBL, bisogna sottolineare come tale metodologia vada ben oltre la mera collaborazione tra pari, in quanto una didattica per progetti risponde all'esigenza di un riconoscimento e di una valorizzazione delle differenze individuali e in tal modo aiuta gli studenti a sviluppare le capacità di collaborazione, interazione e comunicazione. L'insegnamento è visto come opportunità di utilizzo di risorse, mezzi e stili cognitivi differenziati.

Nell'ambito di un'attività didattica realizzata in PBL è necessario organizzare l'iter da seguire, avere un quadro chiaro di come dovrà svolgersi il lavoro e fare in modo che l'ambiente di apprendimento sia adeguato alla situazione, cercando di

limitare lo sforzo necessario nell'ambito della zona di sviluppo prossimale in modo da non scoraggiare gli studenti e facendo leva sulla motivazione ad apprendere.

La metodologia PBL avviene in un contesto di gruppo in cui ogni studente influenza l'apprendimento degli altri, quindi è essenziale proporre delle attività didattiche che rientrino nella zona di sviluppo prossimale, in modo che ogni studente possa contribuire all'accrescimento della conoscenza. Costruendo degli interventi educativi che mirano alla conquista della conoscenza potenziale, si pongono i discenti nella condizione di effettuare scoperte e di comunicarle ai coetanei.

Per quanto riguarda il confronto tra le metodologie didattiche tradizionali e l'approccio PBL menzioniamo la ricerca condotta da Woodward su degli studenti di medicina [88]. Woodward ha evidenziato che non vi sono differenze di performance professionale tra gli studenti con un curriculum di studi basato su metodi tradizionali e gli studenti formati con un approccio PBL, però risulta evidente che i medici abituati al problem solving, a differenza degli altri, hanno maturato le capacità di inquadrare e affrontare un caso.

In generale, dalle ricerche effettuate, non si riscontrano differenze significative nell'apprendimento tra studenti istruiti tradizionalmente e studenti abitualmente coinvolti in attività didattiche basate sul PBL [27, 43, 51, 61].

Effettuando una sintesi dei risultati delle ricerche in questo campo, possiamo elencare le seguenti osservazioni [14, 68, 77, 78]:

- L'approccio PBL in sé non migliora l'apprendimento degli studenti, ma può essere molto utile sul piano motivazionale e può aiutare ad affrontare rischi di abbandono e disinteresse, incrementando indirettamente il rendimento complessivo di una classe;
- L'approccio PBL non insegna necessariamente agli studenti come risolvere meglio i problemi, ma può essere una strategia utile per imparare a identificarli con più chiarezza e ad affrontarli più criticamente;
- L'approccio PBL può aiutare gli studenti a sviluppare la capacità di applicare concretamente le conoscenze acquisite e a riconoscere le situazioni in cui sono applicabili;

- L'approccio PBL può migliorare negli studenti la capacità di effettuare ricerche ed esporne i risultati;
- L'approccio PBL in generale non porta ad un miglioramento della capacità degli studenti di interagire gli uni con gli altri e a organizzarsi come gruppo, per quanto riguarda l'aspetto collaborativo molto dipende da come il docente progetta e gestisce le attività.

La domanda che ci siamo posti nel corso della nostra ricerca è stata: è possibile utilizzare un approccio PBL in ambito universitario per produrre contenuti didattici usufruibili in un sistema di eLearning?

2.8 Sostenibilità didattico-pedagogica dell'eLearning

Parleremo di sostenibilità didattico-pedagogica dell'eLearning in quanto valore aggiunto alla didattica tradizionale, riferendoci in particolare alle potenzialità introdotte dall'utilizzo dei media [80].

Uno dei paradigmi di base dell'eLearning è la centralità del ruolo di chi apprende; tale presupposto non risulta una novità in ambito pedagogico, ma viene rivisitato e contestualizzato nell'odierna società in relazione ai nuovi strumenti e ambienti formativi a disposizione.

Il discente non è più un soggetto al quale trasferire delle nozioni, ma diviene artefice e costruttore della propria conoscenza, si carica della responsabilità del proprio apprendimento, che diviene attivo, autonomo, contestualizzato e cooperativo, quindi la conoscenza che ne proviene deve essere verificabile e comunicabile.

I Learning Object, rivisitando un'interpretazione di Guerra [36], sono caratterizzati da una triplice validità:

- Promuovono la conoscenza in quanto tale, i contenuti come oggetti del sapere;
- Promuovono l'acquisizione di procedure, competenze, abilità, cioè di conoscenze di natura metacognitiva;
- Perseguono la stimolazione culturale del discente, facendo leva sulla motivazione ad apprendere e sugli aspetti emotivi.

Sul piano della socializzazione, le nuove tecnologie offrono un contributo aggiuntivo in quanto stimolano l'autonomia del singolo, ma allo stesso tempo mediano l'esperienza sociale, portando a una partecipazione consapevole, creando situazioni di condivisione culturale.

L'eLearning, facendo propria la teoria di Vygotskij, interpreta l'apprendimento come un processo fortemente legato alle interazioni sociali; la costruzione della conoscenza è il risultato di un apprendimento individuale all'interno di un processo di gruppo [83].

Possiamo concludere affermando che la sostenibilità didattico-pedagogica dell'eLearning parte dal presupposto che gli strumenti e i contesti didattici possono sicuramente facilitare i processi di apprendimento, ma non possono veicarli in toto. L'apprendimento, infatti, è il risultato di molteplici fattori che solo le teorie psicologiche e didattiche possono descrivere con chiarezza. In altri termini, il successo delle azioni didattiche è determinato da diversi fattori che includono l'uso di strumenti didattici, l'ambiente e il contesto educativo, ma anche le dinamiche di gruppo, gli stili di apprendimento, le conoscenze pregresse, ecc.

2.9 Conclusioni

Nell'ambito di questo capitolo abbiamo delineato gli aspetti psicologici e didattici sui quali si basa un approccio di eLearning. In particolare, il costruttivismo come la teoria principale che rende sostenibile l'eLearning dal punto di vista didattico.

Infatti, secondo la teoria costruttivista l'apprendimento è definito significativo se integra sette istanze fondamentali: essere attivo, collaborativo, conversazionale, riflessivo, contestualizzato, intenzionale, costruttivo. L'eLearning, di fronte a tali istanze si colloca come metodologia che promuove l'apprendimento significativo rendendo il discente attivamente partecipe dell'azione didattica, costruttore di conoscenza e incentivando la comunicazione tra pari e con il docente.

Abbiamo fatto riferimento al costruzionismo in quanto nella ricerca svolta gli studenti hanno operato un processo di costruzione di rappresentazioni del mondo della microelettronica attraverso simulazioni al computer.

Dopo una panoramica sui principali modelli didattici costruttivisti, l'attenzione si è rivolta alla metodologia del Project-Based Learning che è stata applicata nel contesto delle sperimentazioni didattiche effettuate durante la ricerca.

Nel capitolo successivo analizzeremo le possibilità offerte dalle ICT e dall'eLearning per la didattica della matematica, in particolare struttureremo il discorso basandoci sulle principali difficoltà che si incontrano nell'affrontare questa disciplina.

Capitolo 3: Strumenti ICT per la didattica della matematica

3.1 Introduzione

L'insegnamento e l'apprendimento della matematica sono stati considerati da sempre dei processi complessi, la maggior parte degli studenti ritiene che tale materia sia difficile da comprendere e prettamente astratta. Le difficoltà nell'apprendere concetti matematici sono effettivamente riscontrate dalle indagini condotte negli ultimi anni e che hanno interessato molte scuole a livello internazionale.

L'indagine OCSE-PISA relativa all'anno 2006 rivolta ad analizzare le competenze matematiche, ha evidenziato che gli studenti italiani sono tra i peggiori del contesto internazionale, in particolare in Italia il 32,8% degli studenti si colloca al di sotto del livello 2, individuato come il livello base di competenza matematica [S15].

L'attitudine al pensiero critico e scientifico non è una predisposizione naturale appartenente ad ogni individuo. La capacità di affrontare determinate tematiche con un atteggiamento critico, di risolvere un problema applicando il metodo adeguato, sono caratteristiche che richiedono addestramento ed esercizio. La matematica è la disciplina che consente di formare lo studente in questa direzione, addestrando la mente alle elaborazioni formali.

Un altro aspetto fondamentale da prendere in considerazione è che la matematica svolge un ruolo cruciale nell'innovazione tecnologica e quindi nello sviluppo industriale. Ciò è reso possibile dall'introduzione della matematica computazionale come "terza disciplina" accanto alla ricerca teorica e alla ricerca sperimentale.

Dal punto di vista didattico, la matematica applicata ha una valenza formativa aggiunta, in quanto consente di effettuare collegamenti interdisciplinari oltre che collegare la teoria ad aspetti concreti.

In questo capitolo cercheremo di delineare le caratteristiche principali della matematica e della matematica applicata, facendo riferimento al loro insegnamento e agli strumenti a disposizione che consentono una didattica centrata sullo studente, protesa ad offrire un collegamento con la realtà.

In particolare, da una parte affronteremo la questione del linguaggio matematico come fondamento della didattica della matematica e il binomio astrazione-realtà che da sempre regola i processi di insegnamento e apprendimento di tale disciplina; dall'altra parte ci occuperemo della specificità della matematica applicata, in relazione al suo stretto legame con l'innovazione tecnologica, e quindi con lo sviluppo industriale. In particolare, considereremo il ruolo centrale svolto dalle simulazioni, che consentono di sperimentare fenomeni fisici con l'ausilio del calcolatore (matematica computazionale).

Dopo aver chiarito questi aspetti generali, la maggior parte del capitolo è dedicato all'analisi dei principali strumenti ICT attualmente disponibili in ambito didattico, rilevanti ai fini dell'insegnamento della matematica. Sarà posta particolare attenzione agli strumenti specifici per l'insegnamento della matematica applicata.

3.2 L'insegnamento della matematica

In questa sezione parleremo degli aspetti più salienti della didattica della matematica con particolare riferimento all'esperienza maturata dagli insegnanti delle scuole superiori. In particolare ci riferiamo a quegli aspetti che possono aiutare a superare le difficoltà più comuni degli studenti nell'affrontare la disciplina.

3.2.1 Il linguaggio della matematica

Nell'ambito della didattica della matematica il ruolo della comunicazione risulta fondamentale in quanto la matematica è costruita con un linguaggio specifico proprio della disciplina; la matematica a sua volta è il linguaggio della scienza, poiché fornisce i simboli e gli strumenti per la ricerca scientifica.

Galileo Galilei si esprime sulla questione della matematica come strumento di indagine della natura con le seguenti parole:

“ ... questo grandissimo libro (della natura) che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri né quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intendere umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto” [33].

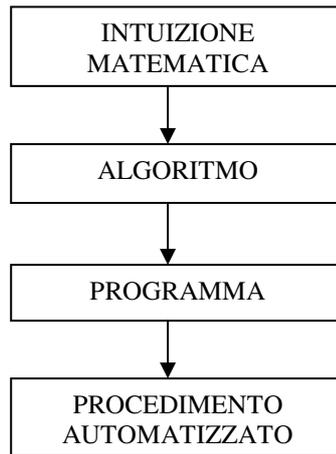
Per Galileo la matematica è quindi il supremo strumento nell'indagine della natura.

Riprendendo quanto affermato da Lèvy: *“...è impossibile esercitare la nostra intelligenza prescindendo dalle lingue, dai linguaggi e dai sistemi dei segni (...) ciascun linguaggio implica modi diversi di scomporre, categorizzare e percepire il mondo...”* [44].

Numerose ricerche hanno esaminato difficoltà di apprendimento attribuibili a un uso scorretto o improprio del linguaggio matematico nella sua accezione più ampia e cioè considerando oltre alla componente verbale anche quella simbolica e grafica [28, 32].

Il docente deve considerare questo aspetto, facendo attenzione a produrre materiale didattico chiaro ed efficace dal punto di vista comunicativo, d'altra parte occorre spostare l'attenzione dall'esattezza del risultato al metodo seguito e alla capacità di comunicare e discutere dello stesso.

Ad esempio il linguaggio della programmazione ha una metodologia che offre un valido metodo da poter seguire per affrontare la soluzione di alcune tipologie di problemi. Vediamo nello schema seguente i passaggi da effettuare:



Lo studente, di fronte a un problema matematico risolvibile con l'ausilio di un calcolatore, deve innanzi tutto tradurlo nel linguaggio della matematica, poi occorre trovare un procedimento per la risoluzione (algoritmo), in seguito bisogna trasformare il procedimento in programma utilizzando un linguaggio di programmazione. Infine, attraverso il procedimento automatizzato della macchina, si arriva alla soluzione del problema.

Il docente dovrebbe porre lo studente nelle condizioni di riuscire a risolvere un problema seguendo l'iter precedente e quindi educarlo al ragionamento e alla consequenzialità logica, senza porre eccessiva attenzione ad eventuali errori di conto.

Un altro problema legato al linguaggio matematico è la costruzione dei predicati, in matematica spesso i periodi sono formulati in modo "anomalo", quasi come se si seguisse una struttura latina.

Facciamo un esempio:

ESERCIZIO: Data una circonferenza di diametro $AB = 40$ cm, determinare il raggio AC di una circonferenza tangente internamente in A alla prima circonferenza, in modo tale che la somma delle corde PQ ed LM , perpendicolari ad AB e passanti per il centro C della seconda circonferenza, misuri 60 cm.

Proponiamo ora il medesimo enunciato scritto in modo diretto; anche se tale forma è più lunga, risulterà più semplice da comprendere:

ESERCIZIO: Disegnare una circonferenza di centro O e diametro $AB = 40$ cm, disegnare un'altra circonferenza tangente internamente in A alla precedente e indicare con C il suo centro. Disegnare il diametro della seconda circonferenza in modo che sia perpendicolare ad AB e indicarlo con PQ . Disegnare la corda della prima circonferenza perpendicolare ad AB e passante per C e indicarla con LM . Se la somma delle lunghezze $PQ + LM = 60$ cm, quanto misura il raggio AC della seconda circonferenza?

Concludendo, affermiamo che occorre rendere il linguaggio della matematica oggetto di riflessione linguistica esattamente come gli altri linguaggi e cercare di agevolare gli studenti nella comprensione del medesimo utilizzando il più possibile delle costruzioni sintattiche semplici, dirette, con periodi non troppo lunghi.

3.2.2 Matematica tra astrazione e realtà

Il docente di matematica, così come tutti i docenti, si trova a interagire sempre più spesso con degli studenti che non accettano la materia e che hanno un elevato grado di demotivazione e conseguentemente scarse conoscenze e abilità di approcciarsi allo studio.

Trovandosi di fronte degli studenti poco propensi ad apprendere i concetti della disciplina, il docente cerca sempre più frequentemente di attirare l'attenzione utilizzando strategie didattiche che coniughino diversi metodi di insegnamento e in particolare cercando delle applicazioni concrete, trascurando la trattazione formale dei concetti a discapito della valenza formativa della disciplina.

Il docente deve cercare di trovare un equilibrio tra gli aspetti teorico-formali e quelli applicativi, il binomio astrazione-realtà deve essere assimilato dagli studenti per offrire loro una comprensione chiara e completa della matematica intesa come linguaggio formale e come strumento concreto per studiare la realtà.

Lo studente deve essere in grado di comprendere la natura inferenziale della matematica, distinguendo ipotesi e tesi e riuscendo a seguire il ragionamento ipotetico-deduttivo.

Le attività didattiche dovrebbero partire dall'analisi di un problema concreto che stimoli la curiosità e la motivazione ad apprendere degli studenti per poi arrivare all'astrazione, educando lo studente al formalismo teorico. Dopo la formalizzazione dei concetti occorre ritornare alla realtà con la soluzione del problema proposto.

Un altro elemento basilare per l'apprendimento della matematica è la visualizzazione dei concetti. Sebbene l'utilizzo delle tecnologie consenta degli ottimi risultati in termini di visualizzazione (grafici e figure), l'impostazione che predilige l'astrazione risulta ancora molto diffusa.

Nell'ambito dell'insegnamento della matematica la visualizzazione ha avuto da sempre un ruolo fondamentale, ricordiamo ad esempio Klein che nel 1908, a proposito dell'insegnamento dell'analisi matematica, si espresse a favore dell'uso delle illustrazioni.

L'area della matematica che maggiormente si avvale della visualizzazione è la geometria, in particolare dobbiamo proprio all'uso delle illustrazioni la comunicazione e la diffusione della geometria euclidea.

Nonostante sia appurato questo ruolo essenziale delle figure, negli anni '60 si fece strada la tendenza "rigorista" di comunicare gli argomenti matematici senza l'ausilio delle immagini. La riscoperta della visualizzazione si ebbe verso la fine degli anni '80, in concomitanza con la svolta socio-culturale che portò la popolazione all'uso di mezzi di comunicazione sempre più efficaci e interattivi, ricchi di immagini e animazioni.

Cerchiamo di comprendere meglio l'importanza della visualizzazione di un concetto matematico considerando ad esempio la definizione di parabola:

DEF: La parabola è il luogo geometrico dei punti del piano equidistanti da un punto fisso detto fuoco e da una retta data detta direttrice.

Uno studente di fronte a tale definizione resta sconcertato in quanto non riesce a immaginare questo luogo geometrico, infatti, senza una visualizzazione chiara di quanto scritto a parole, non è affatto semplice comprendere cosa sia una parabola.

Se accanto alla definizione si propone il disegno del luogo geometrico, esplicitando la proprietà di equidistanza dal fuoco e dalla direttrice, tutto diventa più chiaro (Figura 6).

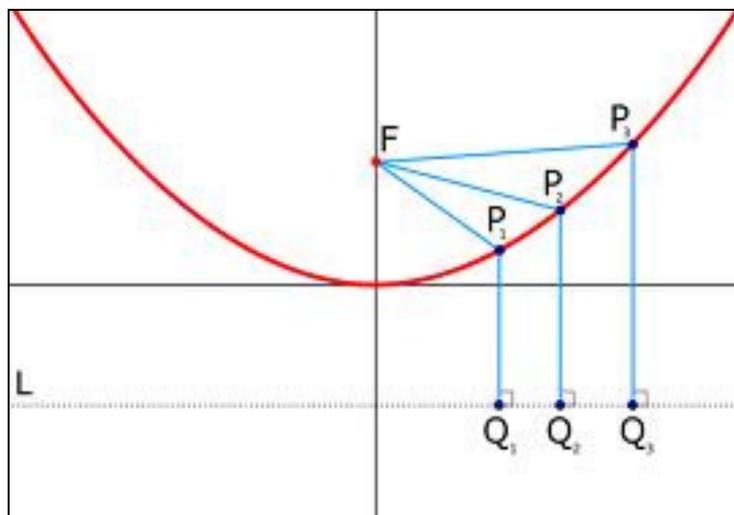


Figura 6: Rappresentazione grafica del concetto di parabola

3.3 L'insegnamento della matematica applicata

Nella precedente sezione abbiamo delineato le due questioni fondamentali che caratterizzano il discorso sulla didattica della matematica e cioè l'uso del linguaggio matematico e il binomio astrazione-realtà. In questa sezione analizzeremo, invece, le caratteristiche che contraddistinguono la matematica applicata.

3.3.1 Matematica applicata

La matematica applicata, dal nostro punto di vista, si configura come tale per due caratteristiche: stretto legame con problemi applicativi, generalmente di carattere industriale; stretto legame con la matematica computazionale.

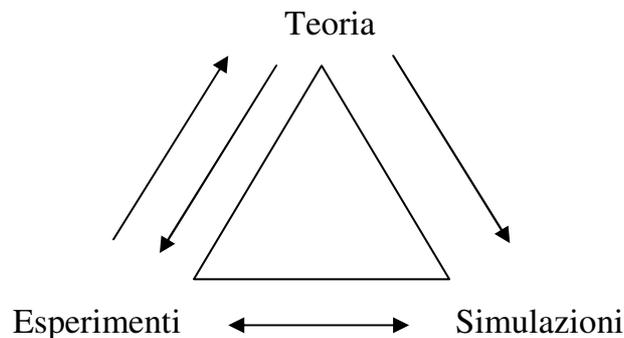
La matematica applicata utilizza la matematica per risolvere problemi concreti delle scienze, dell'economia e di molte altre aree. Di fronte ad un problema concreto, al binomio "classico" teoria-esperimento si affianca una terza componente: matematica computazionale (simulazione). Nella matematica

applicata, oltre ad avvalorare la teoria attraverso gli esperimenti, si può infatti fare uso delle simulazioni (un ulteriore strumento che può essere considerato come una terza disciplina).

La ricerca in matematica applicata è caratterizzata dalle seguenti peculiarità:

- Interdisciplinarietà: i fenomeni studiati riguardano molteplici discipline;
- Interdisciplinarietà in matematica: uso di strumenti matematici di diverse branche;
- Collaborazione: lavoro in gruppo con ricercatori e linguaggi diversi;
- Innovatività: bisogno di nuove idee applicative e nuova matematica.

Possiamo schematizzare il processo che mette in atto la matematica applicata con il seguente triangolo:



Basandosi sull'osservazione di processi reali, si costruisce un modello matematico (teoria) che permette di cogliere i fattori che determinano l'andamento del processo. La teoria può essere verificata attraverso esperimenti diretti che consentono di ritornare alla teoria avvalorando o inficiando le ipotesi; oppure si può utilizzare la "terza disciplina", cioè le simulazioni, per verificare quanto ipotizzato con l'ausilio del calcolatore e quindi della matematica computazionale. In particolare, si possono utilizzare sia esperimenti che simulazioni, verificando vicendevolmente i risultati ottenuti.

Dal 1950, epoca della diffusione del calcolatore, nasce la matematica computazionale come disciplina autonoma che traduce un modello teorico in un modello computazionale sul quale effettuare simulazioni e quindi previsioni. In particolare, mentre la matematica applicata si avvale di metodi analitici, la matematica computazionale utilizza l'analisi numerica.

In generale, l'uso del calcolatore risulta fondamentale nel caso di procedimenti iterati e in particolare di problemi di natura algoritmica, infatti il PC permette di compiere numerosissime operazioni in breve tempo, in alcuni casi effettuare tutto ciò a mano sarebbe addirittura impossibile.

3.3.2 Valenza formativa della matematica applicata

Dopo aver delineato di cosa si occupi la matematica applicata, cerchiamo di analizzarne la valenza formativa.

Il discorso affrontato sul linguaggio della matematica, considerato come punto cardine per la comprensione della disciplina, continua ad essere valido anche nel caso della matematica applicata. Invece, per quanto concerne le considerazioni effettuate riguardo al binomio astrazione/realtà, occorre precisare delle differenze.

Poiché la matematica applicata affronta sempre problemi legati alla realtà, risulta fondamentale il ruolo delle simulazioni e delle visualizzazioni. Tali strumenti rendono più semplice il superamento delle difficoltà dovute al processo di astrazione.

In particolare, la matematica applicata sviluppa le seguenti abilità:

- Tradurre i problemi reali nel linguaggio matematico;
- Ragionare criticamente attorno alle ipotesi e alla loro verifica;
- Usare il computer come uno strumento sperimentale per confrontare modello e realtà.

Consolida le seguenti conoscenze:

- Lettura ed interpretazione dei grafici;
- Significato e utilizzo della derivata come strumento per analizzare le variazioni dei dati;

Inoltre, tale disciplina consente una visione dinamica dei processi reali e permette di osservare relazioni tra diversi saperi scientifici e di comprendere il valore unificante della matematica.

Dall'applicazione della matematica a diverse branche del sapere è scaturita una nuova visione della realtà che deve essere trasmessa agli studenti. Si osserva che

anche le leggi apparentemente semplici possono dare luogo a comportamenti molto complicati e tale complessità della realtà può non essere dovuta alle nostre conoscenze limitate o all'intervento del caso.

Occorre far comprendere agli studenti che la matematica applicata si delinea come la disciplina che può aiutare a comprendere tale complessità utilizzando strumenti che a volte risultano addirittura semplici.

Abbiamo parlato di questa branca della matematica in quanto la ricerca effettuata riguarda la sperimentazione della creazione di contenuti didattici di microelettronica. Gli studenti, oltre a rielaborare gli argomenti svolti nel corso delle lezioni, hanno descritto e operato delle simulazioni numeriche di fenomeni fisici.

3.3.3 Matematica e industria

Con la nascita della ricerca scientifica intesa in senso Galileiano, la matematica diviene lo strumento dimostrativo basilare e nell'ambito dell'innovazione tecnologica tale ruolo è reso sempre più centrale.

La scienza moderna ha per scopo la descrizione della realtà e la scoperta delle leggi che governano i fenomeni. La tecnologia, invece, si occupa della ricerca e dello sviluppo di soluzioni legate soprattutto a processi produttivi. Per la realizzazione di un prodotto la scienza mette a disposizione la conoscenza di tutto ciò che potrebbe servire sapere, mentre la tecnologia istruisce su ciò che serve saper fare.

Lo sviluppo industriale è strettamente legato all'innovazione tecnologica e proprio per questa ragione le ricerche effettuate dai matematici vengono utilizzate dalle industrie con una frequenza crescente, sicché possiamo ormai considerare il binomio matematica-industria molto importante.

Le relazioni che intercorrono tra i ricercatori accademici e le industrie sono fondamentali per l'avanzamento tecnologico; d'altra parte tali collaborazioni rendono possibile il progredire della ricerca nell'ambito di diverse branche della matematica.

Uno degli aspetti favorevoli di tale collaborazione industria-università riguarda le differenze culturali e le diversificazioni negli approcci che consentono una visuale più ampia degli argomenti considerati.

Ad oggi, tuttavia, vi sono ancora notevoli differenze tra i paesi europei per quanto riguarda i collegamenti operati tra industria e ricerca scientifica.

Il ruolo centrale della matematica in relazione allo sviluppo industriale è evidenziato da organismi come l'ECMI e la SIMAI, che sottolineano il ruolo dell'università in questo processo.

“The European Consortium for Mathematics in Industry” (ECMI), fondato nel 1986 da dieci istituti europei di matematica, ha per scopo la divulgazione delle loro conoscenze ed esperienze alle industrie europee.

Gli obiettivi primari dell'ECMI sono:

- Promuovere l'uso dei modelli matematici nell'industria;
- Istruire i matematici industriali per rispondere all'aumento della richiesta di tali esperti, in particolare i centri di istruzione ECMI forniscono dei brevi corsi, in aggiunta a un percorso di due anni sulla matematica per l'industria;
- Operare su scala europea.

A livello nazionale la Società Italiana di Matematica Applicata e Industriale (SIMAI) promuove la ricerca matematica nelle scienze applicate e industriali, proponendo una visione della matematica applicata trasferibile dall'accademia all'industria. In particolare, le applicazioni includono le scienze tecnologiche, biologiche, economiche e sociali.

La SIMAI [S22] si propone i seguenti fini:

- Promuovere lo sviluppo della Matematica Applicata e Industriale e delle discipline ad essa connesse;
- Stabilire legami con associazioni similari o gruppi di ricerca nazionali ed esteri, interessati allo sviluppo della Matematica Applicata e Industriale;
- Diffondere l'informazione nel settore della Matematica Applicata e Industriale;

- Favorire il coordinamento dei programmi di studio e di ricerche nei campi di cui al primo punto, promuovendo i contatti tra ambienti universitari, enti pubblici di ricerca e industrie.

Concludendo questa sezione sottolineiamo ancora una volta l'importanza della matematica in relazione allo sviluppo industriale e il ruolo centrale svolto dall'università nel favorire lo scambio di conoscenze tra la ricerca in matematica applicata e la ricerca industriale.

3.4 Matematica, matematica applicata e eLearning

Insegnare con l'eLearning significa costruire un ambiente didattico in cui prevalgono interazioni collaborative, dove lo studente è il protagonista del proprio processo di apprendimento. Un corso di eLearning deve prevedere l'uso di criteri e modelli di progettazione per diversificare i percorsi didattici in funzione delle difficoltà incontrate dallo studente, delle capacità acquisite e degli atteggiamenti nei confronti della materia.

Le ricerche nell'ambito dell'uso dell'eLearning per l'insegnamento della matematica sono numerose e dimostrano come l'istruzione online sia una reale alternativa all'istruzione tradizionale; citiamo ad esempio l'esperienza effettuata presso l'Università di Helsinki e l'Università dello Stato della Florida [71].

L'uso di software didattici deve essere ponderato e mirato al raggiungimento degli obiettivi prefissati, deve cioè contribuire al miglioramento della qualità dell'apprendimento della matematica; in particolare vi sono cinque problemi dell'insegnamento-apprendimento per la soluzione dei quali la tecnologia può offrire un valido aiuto:

- Disegnare grafici accurati e validi da un punto di vista didattico, contribuendo alla visualizzazione e all'analisi dei concetti;
- Tenere traccia del lavoro svolto e conseguentemente anche degli errori, contribuendo in tal modo all'aumento dell'autostima da un lato e al rimodellamento dei percorsi didattici dall'altro;
- Offrire la possibilità di svolgere compiti e attività integrative;

- Instaurare rapporti interpersonali docente-studente e studente-studente per mezzo di una comunicazione sia sincrona che asincrona;
- Offrire la possibilità di una ripetizione di quanto già ascoltato e visto nel corso delle lezioni.

Affinché un contenuto di eLearning di matematica sia efficace occorre che sfrutti al massimo le potenzialità dall'ICT, in particolare esamineremo i seguenti punti:

- Strumenti di scrittura matematica;
- Strumenti di calcolo e visualizzazione;
- Simulazioni;
- Altre tecnologie informatiche.

Nelle sottosezioni successive descriveremo alcuni strumenti ICT relativi ai punti appena elencati.

3.4.1 Strumenti di scrittura matematica

Formule semplici possono essere facilmente inserite nelle pagine HyperText Markup Language (HTML) utilizzando apici e pedici, ma se si vogliono inserire formule più complesse occorre rappresentarle come immagini.

Le immagini ottenute appaiono come elementi singoli, quindi non è possibile individuare ogni parte della formula separatamente.

LaTeX è un linguaggio utilizzato per la scrittura di testi di qualsiasi natura, è molto diffuso nella comunità scientifica e accademica per la pubblicazione di articoli, tesi e per la sua naturale propensione al supporto matematico. Tale linguaggio è molto diverso da Microsoft Word sia nell'utilizzo che nella filosofia di base. Mentre i word-processor come Word riproducono sullo schermo esattamente ciò che si stampa sulla tastiera, LaTeX riproduce sullo schermo ciò che si desidera vedere stampando con la tastiera un codice molto simile a un linguaggio di programmazione.

Per comprendere meglio la differenza tra i due sistemi di editing ne proponiamo un confronto: nella figura 7 troviamo una formula matematica scritta con LaTeX, nella figura 8 abbiamo il medesimo testo scritto però con Word.

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \sqrt{\frac{x-4}{3x^3}}$$

Figura 7: Formula scritta in LaTeX

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \sqrt{\frac{x-4}{3x^3}}$$

Figura 8: Formula scritta in Word

La formula in LaTeX si ottiene inserendo il seguente codice:
 $\lim_{x \rightarrow +\infty} \sqrt{\frac{x-4}{3x^3}}$.

Invece la formula in Word si ottiene attraverso l’inserimento successivo di simboli matematici da reperire tramite il comando “inserisci” sulla barra degli strumenti dell’editor.

Confrontando le due soluzioni si nota come LaTeX offra un risultato migliore, in termini di proporzioni del testo e in stile di scrittura.

Ma oltre al risultato tipografico, vi sono altri validi motivi per preferire tale linguaggio:

- LaTeX è un ottimo strumento non solo per scrivere, ma anche per disegnare, fare tabelle, grafici e presentazioni;
- Tale linguaggio educa a ragionare con la stessa logica di costruzione di un programma informatico;
- L’editor eXe-Learning, di cui abbiamo parlato nel capitolo 1, permette di scrivere formule matematiche utilizzando il linguaggio LaTeX in quanto nel sistema è incorporato il MimeTeX, un interprete per tale linguaggio, (vediamone la visualizzazione nella figura 9);

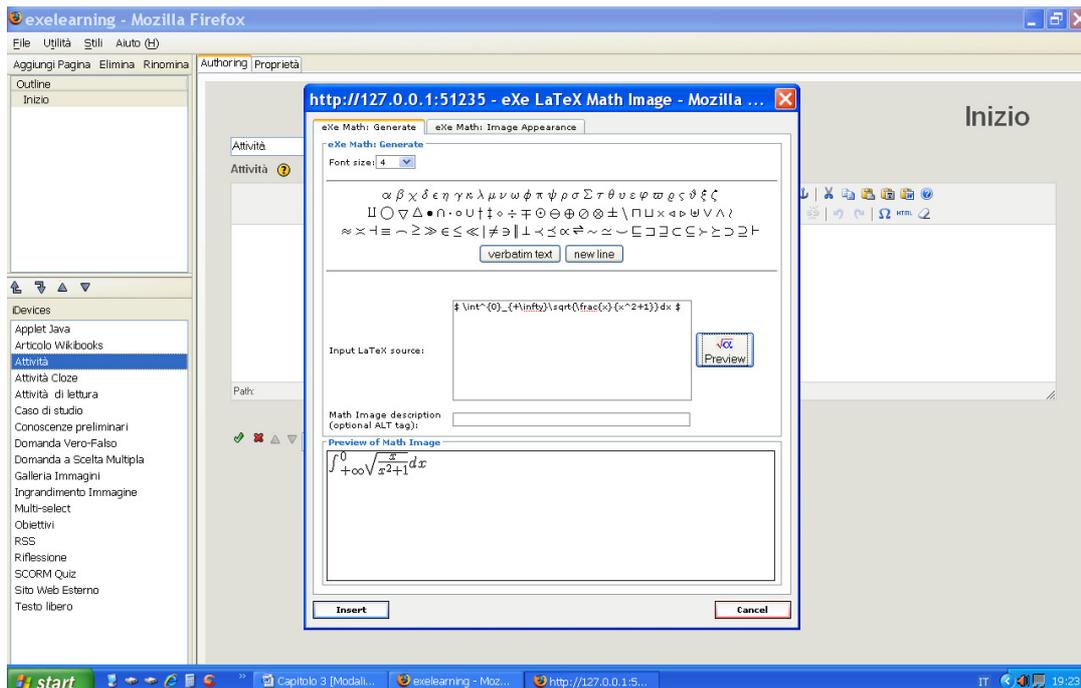


Figura 9: Inserimento di una formula in eXe-Learning attraverso MimeTeX.

- Esiste il convertitore LaTeX2HTML che converte documenti LaTeX in HTML in modo che articoli scientifici possano essere messi sul Web per la visualizzazione online [S16];
- I documenti sorgente sono molto più piccoli di un .doc e permettono dopo la compilazione di ottenere documenti di qualità tipografica superiore;
- LaTeX è un software gratuito;
- Funziona benissimo con qualunque sistema operativo;
- I documenti LaTeX si convertono velocemente in pdf.
- Per chi si accinge a scrivere in LaTeX, occorre un investimento iniziale per imparare i meccanismi, ma per scrivere documenti molto lunghi il tempo necessario è sicuramente inferiore al tempo che occorrerebbe se si usasse ad esempio Word.

Tra le varie proposte di software per la scrittura di contenuti di tipo matematico, ricordiamo Dahlmann, N. et all. che propongono l'uso del convertitore Mmtex per la creazione di contenuti matematici per l'eLearning [29].

Mmtex è uno strumento di editing progettato per la piattaforma eLearning Mumie dedicata all'insegnamento/apprendimento della matematica di livello universitario [S20].

Mmtex crea facilmente documenti XML includendo formule, immagini, applets ed elementi di controllo per l'interazione usando il linguaggio LaTeX.

Le ricerche del gruppo di lavoro sulla matematica del W3C (World Wide Web Consortium: un'associazione che ha per scopo il miglioramento dei protocolli e dei linguaggi per il World Wide Web), sono sfociate nell'ideazione del linguaggio MathML.

MathML è un linguaggio di marcatura che permette di scrivere formule matematiche molto complesse e trattandosi di un'applicazione XML è possibile ricercarne i singoli elementi. L'ultima versione di MathML è MathML 3.0 [S23].

“Presentation MathML” può codificare strutture matematiche in modo significativamente migliore rispetto a LaTeX relativamente all'inserimento di formule in pagine html [S24]. Infatti, MathML consente di gestire le formule non come immagini fisse ma come elementi del testo, anche se il codice appare più complesso.

Ad esempio la seguente formula:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

generata con il codice LaTeX: `x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}`, in MathML viene scritta come segue:

```
<math>
  <mrow>
    <mi>x</mi>
    <mo>=</mo>
    <mfrac>
      <mrow>
        <mrow>
          <mo>-</mo>
          <mi>b</mi>
        </mrow>
        <mo>&PlusMinus;</mo>
        <msqrt>
          <mrow>
            <msup>
```

```

        <mi>b</mi>
        <mn>2</mn>
    </msup>
    <mo>-</mo>
    <mrow>
        <mn>4</mn>
        <mo>&InvisibleTimes;</mo>
        <mi>a</mi>
        <mo>&InvisibleTimes;</mo>
        <mi>c</mi>
    </mrow>
</mrow>
</msqrt>
</mrow>
<mrow>
    <mn>2</mn>
    <mo>&InvisibleTimes;</mo>
    <mi>a</mi>
</mrow>
</mfrac>
</mrow>
</math>

```

La struttura XML è utile in quanto ne consente la visualizzazione nei browser web ed è facilmente interpretabile per i software matematici.

Esistono diversi programmi convertitori di espressioni matematiche in MathML: LaTeXMathML, Omega, TeX4ht, e altri ancora.

Vediamo per esempio il convertitore prodotto dalla Wolfram Research (Figura 10). Tale convertitore, disponibile online, genera automaticamente il codice MathML in seguito all’inserimento della formula in “Traditional Form” o “Standard Form”.

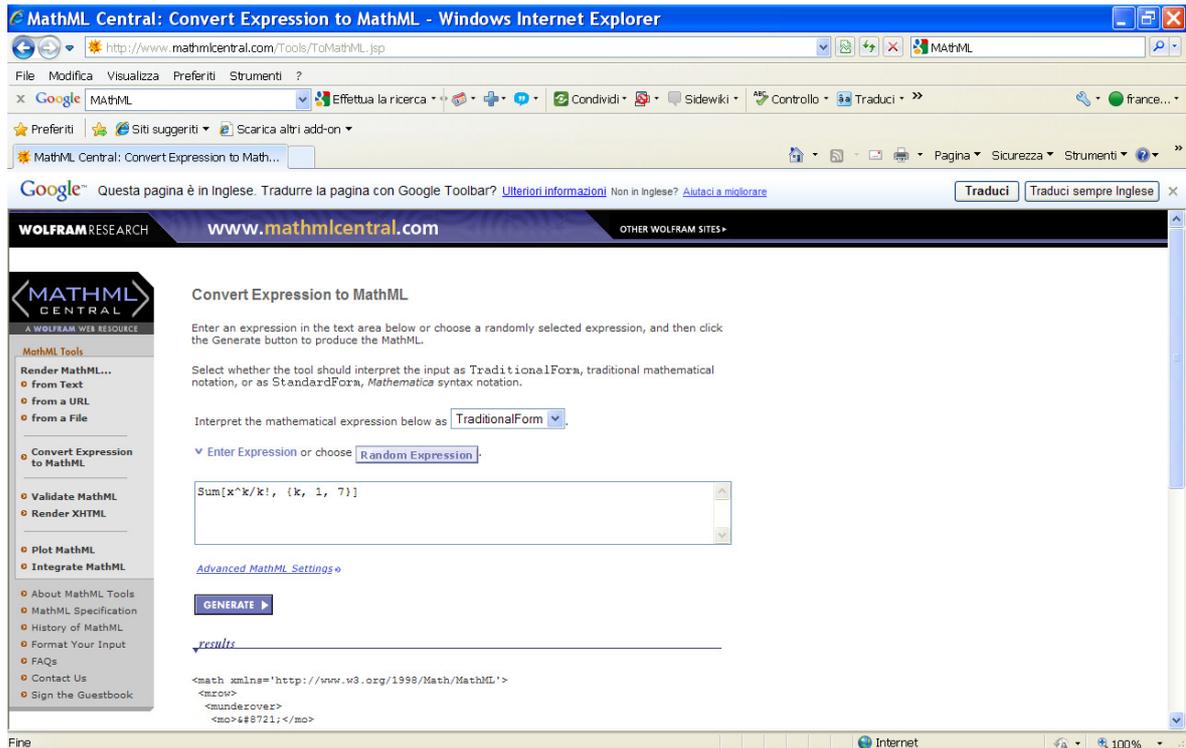


Figura 10: Convertitore di formule matematiche in MathML della Wolfram Research [S18].

Non potendo informare con precisione sullo stato attuale dei progetti relativi a LaTeX/MathML, possiamo però distinguerli in tre categorie:

- Conversione da LaTeX a MathML;
- Conversione da MathML a LaTeX;
- Composizione diretta di MathML usando LaTeX.

OpenMath è un altro linguaggio a marcatori di documenti per formule matematiche importante in quanto può essere usato come complementare a MathML.

OpenMath consiste nella definizione di “Oggetti OpenMath” e dei “OpenMath Content Dictionaries” (collezioni dei nomi che esprimono concetti matematici); questi ultimi vengono utilizzati per estendere MathML.

Mentre MathML si occupa principalmente della presentazione degli oggetti matematici, OpenMath, essendo un metalinguaggio semantico di matematica, si interessa esclusivamente del significato semantico di tali oggetti, quindi le due tecnologie possono essere considerate quasi complementari.

Tra i Web editor citiamo Amaya: originariamente venne sviluppato come editor di testo, in seguito come editor HTML e CSS, attualmente supporta il linguaggio CSS, MathML, SVG, RTF e XPointer.

Nella figura 11 vediamo come si presenta una formula scritta in Amaya.

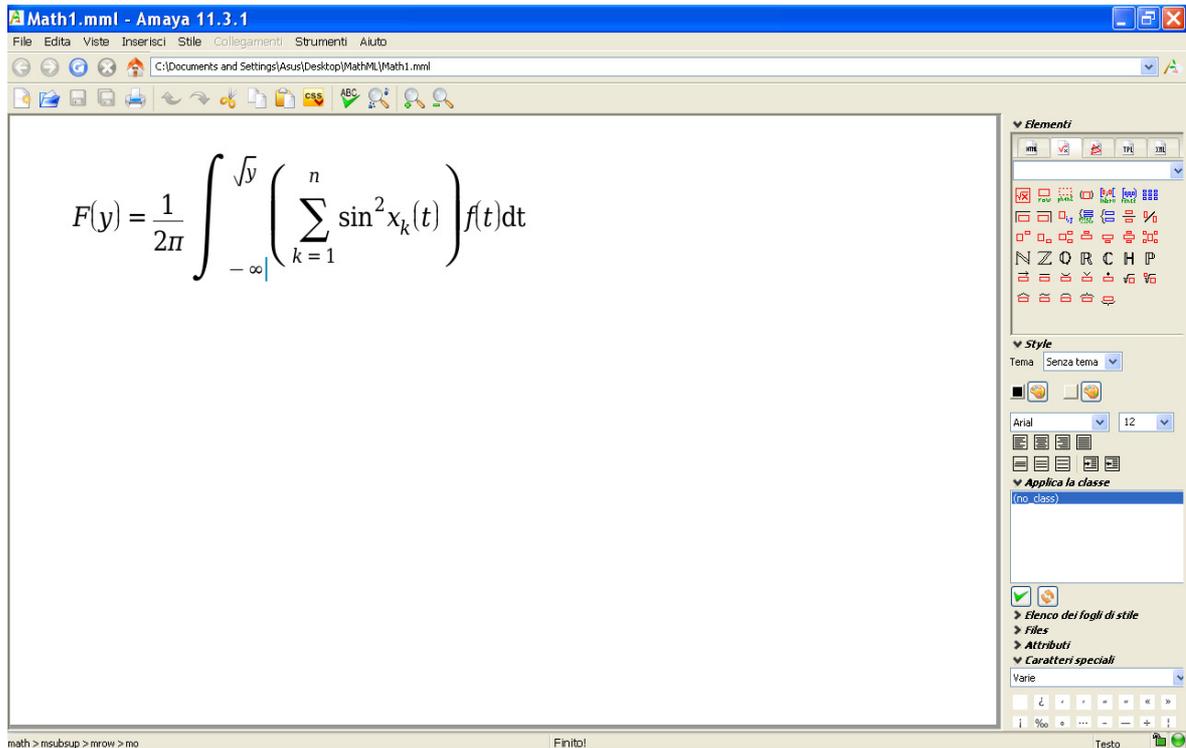


Figura 11: Esempio di formula matematica in Amaya.

Nell'ambito della ricerca effettuata, gli studenti hanno inserito le formule matematiche utilizzando il sistema MimeTeX incorporato nell'editor eXeLearning oppure visualizzandole come immagini.

3.4.2 Strumenti di calcolo e visualizzazione

Lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie informatiche ha aperto la strada a possibilità impensabili per quanto riguarda la visualizzazione degli oggetti matematici, infatti le tecnologie permettono di disegnare oggetti complessi, difficilmente rappresentabili con l'uso di una semplice matita.

Strumenti di alto valore formativo sono le animazioni in quanto non solo offrono una visualizzazione, ma tale visualizzazione non è statica come in un disegno tradizionale, bensì è dinamica e in tal modo offre la possibilità di comprendere i concetti in modo chiaro e completo, analizzando i cambiamenti e le relazioni tra le variabili.

Per quanto riguarda la matematica “classica”, vi sono diversi strumenti di visualizzazione, soprattutto per oggetti geometrici. Ad esempio il software di geometria dinamica più diffuso in Italia è Cabri-géomètre (1988), progettato per favorire il massimo di interazione utente-software. Un software di geometria, se utilizzato opportunamente, favorisce un apprendimento costruttivo e incentiva la motivazione. La dinamicità della visualizzazione consente di osservare i “casi limite” e di trarne le dovute considerazioni, in tal modo contribuisce al miglioramento della comprensione concettuale.

Vediamo nella figura 12 un esempio ideato con Cabri 3D in cui vengono visualizzati i coni tangenti a tre sfere [S9].

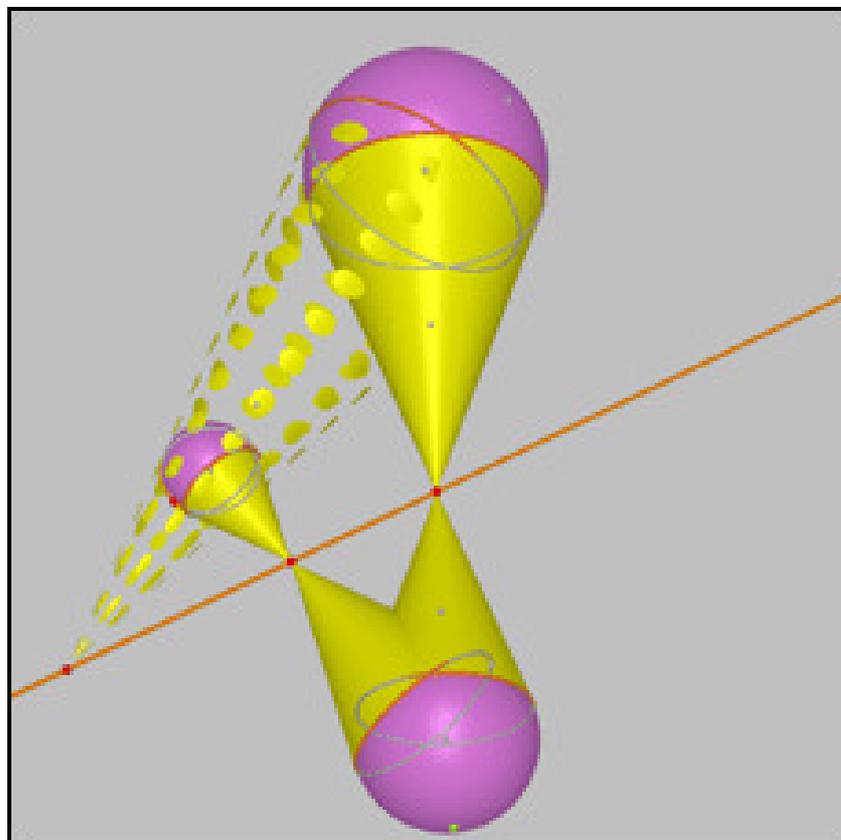


Figura 12: Coni tangenti a tre sfere.

I software di geometria dinamica sono utili per l'insegnamento della geometria, in quanto consentono una visualizzazione di entità geometriche, ma se occorre visualizzare altre tipologie di fenomeni come ad esempio il comportamento di dispositivi elettronici, occorre utilizzare altri software specifici.

Tra gli strumenti dediti alla visualizzazione e al calcolo simbolico, che definiamo manipolatori algebrici, ricordiamo Maple e Mathematica in quanto sono ampiamente utilizzati nella didattica della matematica a livello universitario.

Maple combina un linguaggio di programmazione con un'interfaccia che consente agli utenti di scrivere formule matematiche usando la notazione matematica tradizionale. Con Maple è possibile calcolare integrali, risolvere equazioni differenziali, visualizzare grafici, ecc.

Mathematica è un potente linguaggio di programmazione oltre che un ambiente di calcolo simbolico e numerico multiplatforma, realizzato principalmente in C e C++; la prima versione risale al 1988.

Tra i vantaggi di Maple e Mathematica abbiamo:

- Il front-end adottato dalle versioni più recenti semplifica la stesura di calcoli e la loro documentazione;
- L'abilità nel trattare numeri in precisione arbitraria e quantità esatte consente di effettuare calcoli esatti o con una precisione limitata dalla disponibilità di risorse della macchina hardware;
- Offrono funzioni altamente generalizzate per ambito di applicabilità e numero di dimensioni dei dati;
- Il numero di funzioni disponibili è elevato e permette di scrivere programmi compatti e ottimizzati grazie ad algoritmi interni spesso allo stato dell'arte.

Tra gli svantaggi si ha che:

- Sono software proprietari che prevedono limitazioni riguardo all'uso, la copia e la modifica;
- I dati manipolati sono principalmente liste annidate, la cui struttura esatta è di difficile discernimento quando il numero di dimensione cresce;

- La natura prevalentemente funzionale della programmazione rende difficoltosa la ricerca di errori nel codice;
- Le funzionalità offerte di default restituiscono una quantità enorme di informazioni che ne rendono difficile la comprensione per programmatori meno esperti.

Per quanto concerne invece la visualizzazione e il calcolo numerico consideriamo Matlab e Octave come strumenti utili per la matematica computazionale.

Matlab è un linguaggio di programmazione che integra la simulazione e la visualizzazione. Nella figura 13 troviamo la visualizzazione di una simulazione del potenziale di un diodo unidimensionale effettuata con Matlab.

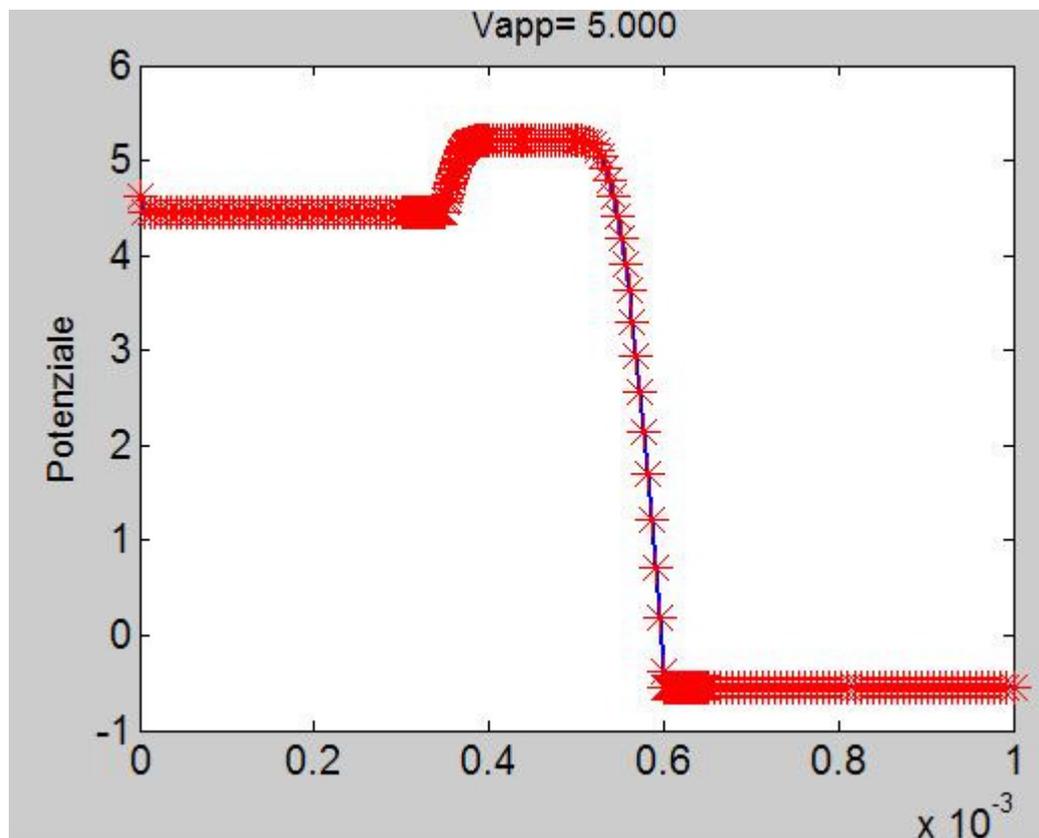


Figura 13: Visualizzazione di una simulazione del potenziale di un diodo unidimensionale

Gnuplot è un programma gratuito con il permesso di cambiarne il codice sorgente; realizza grafici di funzioni matematiche e di dati grezzi e viene implementato per il rendering da vari programmi come ad esempio GNU Octave.

Nell'ambito della sperimentazione effettuata gli studenti hanno visualizzato le simulazioni utilizzando Matlab oppure Gnuplot.

Per ultimo citiamo Scientific WorkPlace (SWP), un software interessante che consente di scrivere testi contenenti formule matematiche, di eseguire calcoli e visualizzare grafici utilizzando Maple o MuPAD (programmi di calcolo matematico). Per ottenere un'impaginazione di qualità professionale SWP utilizza il sistema LaTeX.

Se l'utente possiede l'accesso ad internet, SWP possiede un collegamento al World Wide Web che consente di accedere alla rete da dentro il programma.

I documenti pdf prodotti da SWP sono di qualità superiore sia al pdf generato da LaTeX che al pdf di Acrobat.

Vediamo come si presenta l'interfaccia del programma nella figura 14.

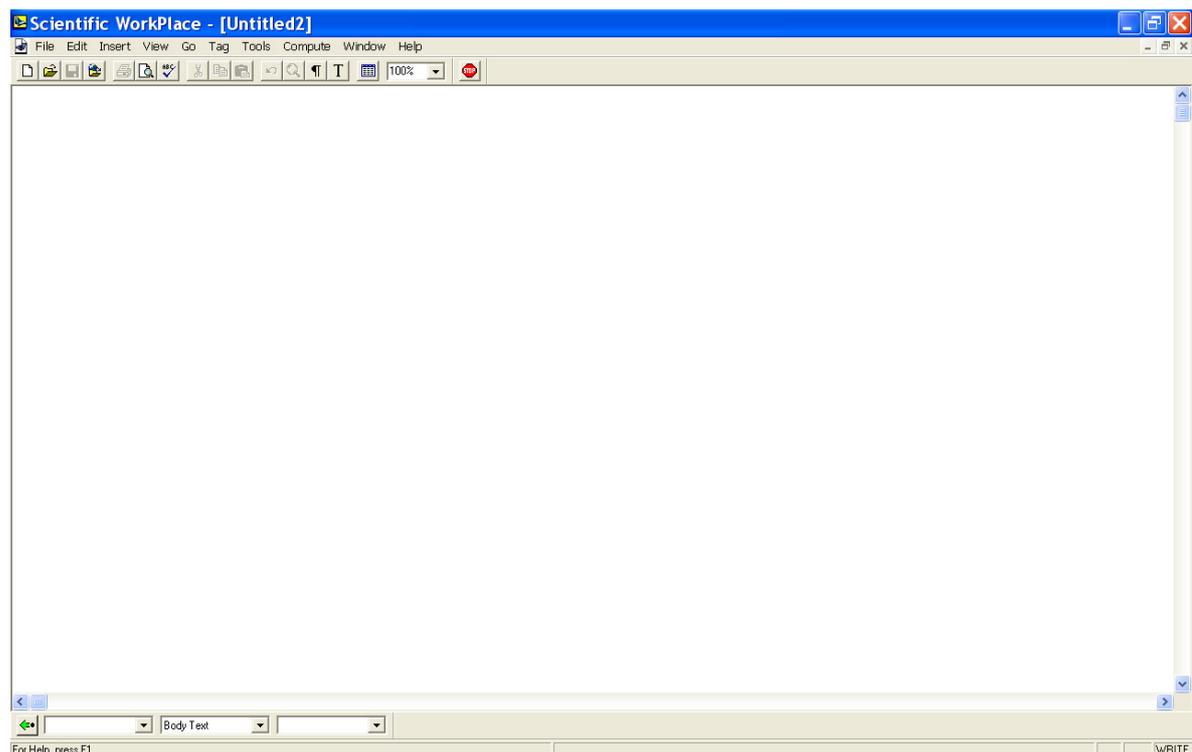


Figura 14: Scientific WorkPlace

3.4.3 Simulazioni

Dal punto di vista didattico le simulazioni offrono la possibilità di sperimentare situazioni non visibili ad occhio nudo, in tal modo contribuiscono a facilitare la comprensione degli argomenti trattati.

Il linguaggio Fortran rappresenta uno dei primi linguaggi di programmazione, sviluppato a partire dal 1954 e progettato per il calcolo scientifico e numerico. La sintassi di tale linguaggio può apparire oscura a chi ha familiarità solo con linguaggi più recenti come C/C++. Nonostante ciò, Fortran è tuttora il linguaggio di calcolo scientifico più diffuso.

C è un linguaggio di programmazione ad alto livello ideato nel 1972; esso risulta meno astratto rispetto ad alcuni linguaggi affini come il Pascal. Il C è rinomato per la sua efficienza, e si è imposto come linguaggio di riferimento per la realizzazione di software di sistema su gran parte delle piattaforme hardware moderne. Il C++ è stato sviluppato nel 1983 come un miglioramento del linguaggio C, la sua grande ricchezza semantica lo rende un linguaggio estremamente espressivo e potente, ma richiede molto tempo per venire appreso e padroneggiato completamente.

Tali linguaggi sono sicuramente tra i più utilizzati dagli specialisti per calcoli computazionali di alto livello a scopo di ricerca. Invece, fra i linguaggi più diffusi in ambito matematico ad alto rendimento per la computazione tecnica e utilizzato per la didattica vi è Matlab; esso integra il calcolo, la visualizzazione e la programmazione in un ambiente di facile impiego in cui i problemi e le soluzioni sono espressi in notazione matematica familiare. E' strutturato secondo il seguente schema:

- Matematica e calcolo;
- Sviluppo di procedura;
- Modellistica, simulazione e prototyping;
- Analisi di dati, esportazione e visualizzazione;
- Disegno industriale e scientifico;
- Sviluppo di applicazione, compreso la costruzione grafica dell'interfaccia di utente.

In ambienti universitari è l'attrezzo didattico standard per corsi introduttivi e corsi avanzati, nella matematica, nell'ingegneria e nella scienza [S14].

GNU Octave è la versione gratuita di Matlab, ma contiene solo la parte computazionale. Le versioni più recenti integrano Octave con GNU Plot.

Nella produzione dei contenuti didattici gli studenti, per operare simulazioni di oggetti di microelettronica, hanno utilizzato Matlab e GNU Octave.

3.4.4 Altre tecnologie informatiche

Vi sono numerose altre risorse informatiche utili nell'ambito della didattica. In particolare analizziamo Excel come software didatticamente valido per l'insegnamento della statistica. Invece, tra le risorse tecnologiche, esaminiamo l'uso dei video e della Lavagna Interattiva Multimediale (LIM).

In ambito matematico e soprattutto statistico i fogli elettronici risultano molto utili in quanto consentono di eseguire calcoli velocemente e di costruire facilmente grafici, consideriamo ad esempio Excel.

In un foglio di lavoro Excel è possibile inserire dei dati e utilizzare le diverse formule disponibili (finanziarie, matematiche, statistiche, logiche, ingegneristiche, ecc.); il programma, selezionando la funzione desiderata e i dati corrispondenti, esegue direttamente i calcoli.

Se si vuole creare un grafico è sufficiente selezionare i dati e la tipologia di grafico. Nella figura 15 vediamo ad esempio che, inserendo una serie di alunni con i corrispondenti voti, il programma ha calcolato la media aritmetica di tali voti, inoltre è stato inserito l'istogramma delle frequenze dei dati.

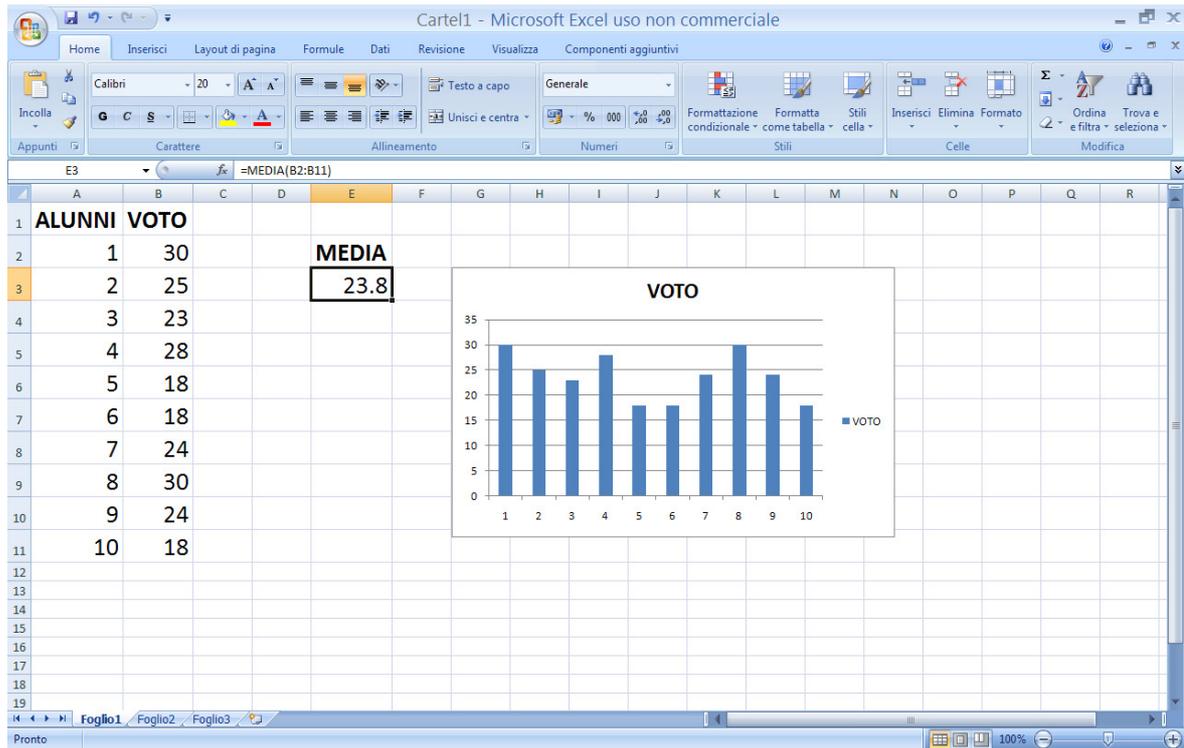


Figura 15: Foglio di lavoro Excel.

Nell'ambito dell'eLearning i video offrono ottime possibilità per agevolare l'apprendimento in quanto lo studente può rivedere la lezione come se fosse face-to-face; ad esempio nel sito www.matematicamente.it vi sono diversi video che propongono il docente che spiega scrivendo su di una tablet, vediamo una nella figura 16.

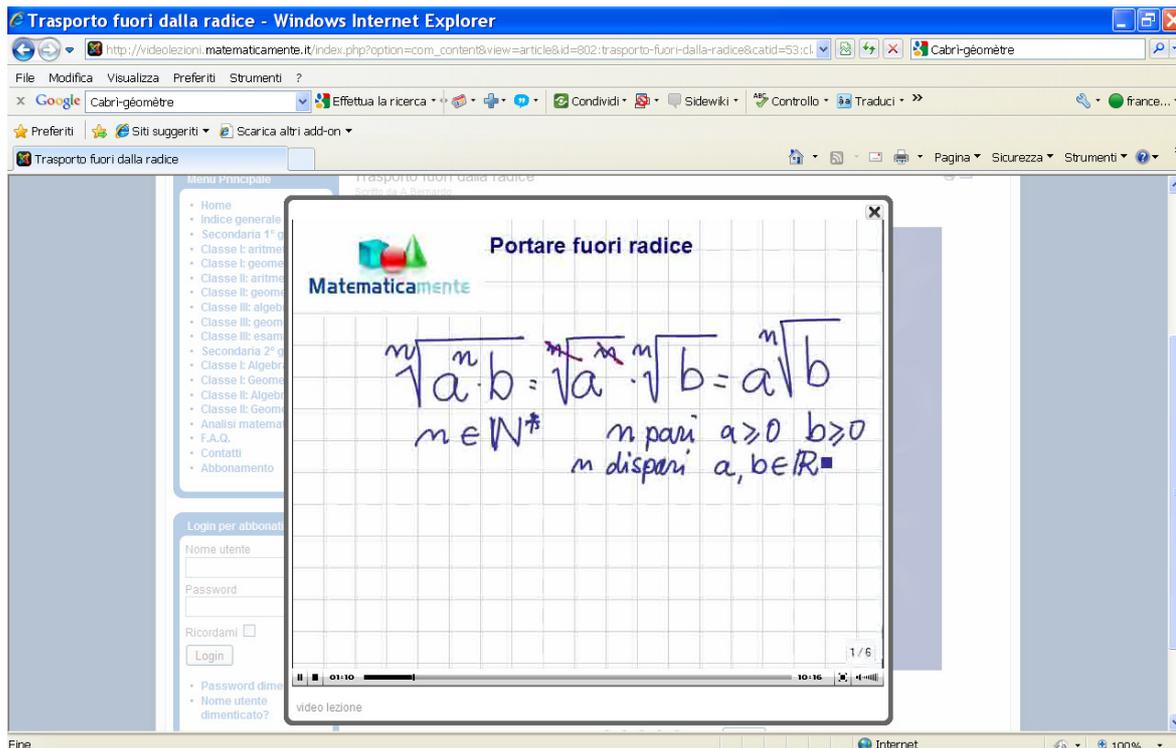


Figura 16: Video-lezione sul trasporto fuori dalla radice [S7].

Un altro strumento tecnologico utile nella didattica e in particolare nella didattica della matematica è la Lavagna Interattiva Multimediale (LIM), si tratta di un dispositivo elettronico delle dimensioni di una lavagna tradizionale sulla quale si può scrivere, inserire immagini, riprodurre video, accedere alla rete internet, etc.

La LIM è dotata di una superficie sensibile alla posizione di un puntatore ed è utilizzata insieme ad un proiettore. Se si collega la lavagna ad un computer, il dispositivo consente l'interazione con applicazioni attive nel PC attraverso l'immagine proiettata sulla LIM.

La prima lavagna interattiva multimediale è stata prodotta nel 1991 (SMART Board interactive whiteboard: figura 17),



Figura 17: SMART Board interactive whiteboard

Il docente, utilizzando una LIM, può integrare la lezione con risorse multimediali, utilizzare software didattici in modo condiviso, salvare i percorsi didattici proposti, sviluppare attività collaborative e svolgere interrogazioni.

Le LIM attualmente in commercio si differenziano per la tecnologia impiegata, in particolare troviamo le seguenti categorie:

- Elettromagnetica;
- Analogico-resistiva;
- Ottica basata sull'infrarosso;
- Laser;
- Ultrasonica;
- Basata su tecniche di riconoscimento delle immagini.

In base alla tecnologia sulla quale si basa, l'interazione con il PC avviene usando degli appositi pennarelli oppure toccando la lavagna con le dita (touchscreen).

La caratteristica più innovativa riguarda la possibilità di visualizzare e utilizzare risorse web, video e animazioni che contribuiscono a rendere la lezione dinamica.

Una funzione molto utile è la registrazione e la riproduzione delle attività svolte sulla LIM; il file prodotto generalmente è un file AVI, rivedibile con un qualsiasi lettore multimediale o direttamente alla lavagna, in tal modo lo studente ha la possibilità di riconsultare la lezione sul suo PC.

Con l'impiego della lavagna in modalità videoconferenza è possibile creare un ambiente di apprendimento in cui docenti e studenti interagiscono in modalità sincrona condividendo la superficie della lavagna a distanza.

Per quanto riguarda l'insegnamento della matematica l'uso della LIM offre l'opportunità di visualizzare oggetti geometrici attraverso il collegamento ad un software di geometria dinamica, consente di utilizzare in modo condiviso programmi di simulazione, di reperire materiale didattico su internet e allo stesso tempo il docente può effettuare la tradizionale lezione alla lavagna scrivendo per mezzo del tastierino a vista sullo schermo, oppure utilizzando appositi pennarelli o addirittura attraverso il riconoscimento di testo inserito a mano libera.

3.5 Conclusioni

In questo capitolo abbiamo trattato alcune questioni legate all'insegnamento/apprendimento della matematica, in particolare: le difficoltà che possono incontrare gli studenti affrontando il linguaggio della matematica e le difficoltà legate ai processi di astrazione necessari alla formalizzazione matematica dei concetti.

Dopo aver delineato le peculiarità relative alla didattica della matematica, abbiamo descritto le caratteristiche della matematica applicata, facendo riferimento alla metodologia di tale branca della matematica che pone l'accento sul ruolo delle sperimentazioni.

L'eLearning, di fronte alle caratteristiche specifiche della matematica, come può contribuire a migliorare ed agevolare l'apprendimento?

Nella sesta sezione del capitolo abbiamo visto come le tecnologie informatiche possano offrire una soluzione ad alcuni problemi della didattica della matematica:

- Software di geometria dinamica e animazioni contribuiscono a migliorare l'aspetto della visualizzazione dei concetti, rendono più semplice il collegamento tra astrazione e realtà;

- Le simulazioni svolgono un ruolo centrale nell'applicazione dei concetti matematici a fenomeni reali, offrendo un ulteriore strumento di verifica delle teorie elaborate;
- I fogli elettronici e altri programmi di calcolo consentono di effettuare calcoli molto lunghi in tempi brevi;
- L'uso della LIM permette di creare un ambiente di apprendimento in cui poter usufruire di risorse informatiche in modo partecipativo.

L'eLearning dovrebbe porsi come metodologia che integra tutte le possibili risorse informatiche attraverso una piattaforma tecnologica, mettendo a disposizione del docente e dello studente lo strumento giusto al momento opportuno.

Concludendo, nella didattica di oggi non si può non tenere conto della diffusione delle ICT che hanno modificato il modo di comunicare delle persone e quindi occorre integrare l'uso di tali mezzi informatici nell'ambito dei percorsi didattici in modo che contribuiscano al miglioramento dell'apprendimento.

Capitolo 4: Creazione di contenuti didattici per l'eLearning

4.1 Introduzione

Nell'affrontare il problema della creazione di contenuti didattici per sistemi di eLearning occorre considerare tutte le risorse umane necessarie. In particolare, la produzione di materiali per l'eLearning richiede il lavoro di esperti tecnici per quanto concerne l'uso delle piattaforme tecnologiche, di esperti di didattica, ma allo stesso tempo è di fondamentale importanza il lavoro svolto dagli esperti scientifici, cioè dai conoscitori dei contenuti da sviluppare.

Soffermandoci su tale aspetto della produzione di materiale per l'eLearning, risulta evidente come all'aumentare della complessità e specificità dei contenuti corrisponda una maggiore necessità di integrare i ruoli svolti dalle differenti tipologie di esperti e allo stesso tempo gli esperti scientifici devono possedere competenze con un grado sempre più elevato di specializzazione.

In seguito a tali esigenze ne viene che l'eLearning rappresenta un settore commerciale in espansione. Esistono diverse compagnie che offrono la costruzione di percorsi di eLearning, soprattutto mirati all'aggiornamento del personale industriale.

Di fronte a tale situazione di necessità di produzione, accompagnata dalle difficoltà dovute agli aspetti didattici, tecnici e scientifici, ci sono alcuni esperimenti di ricerca universitaria in cui si tenta di trovare soluzioni adeguate che consentano una produzione di qualità a bassi costi.

Nel presente capitolo tratteremo gli aspetti didattici e tecnici legati alla costruzione di materiale didattico per l'eLearning, con particolare riferimento all'uso dei Learning Object. Ma il focus di tale capitolo è l'analisi delle tendenze contemporanee che cercano di coinvolgere l'utente nella produzione dei contenuti.

Infatti, nella ricerca svolta è stato sperimentato un approccio didattico mirato alla creazione di contenuti didattici per l'eLearning da parte degli studenti.

4.2 Aspetti didattici e tecnici

La creazione di contenuti didattici da utilizzare in un ambiente di eLearning comporta un notevole dispendio di risorse ed energie, in quanto, da una parte occorre tenere presente gli aspetti psicologici legati al modello di apprendimento al quale si vuole fare riferimento e dall'altra parte bisogna sapere integrare gli aspetti teorici della disciplina, considerando le potenzialità e i limiti degli ambienti software adoperati per la realizzazione e la pubblicazione dei contenuti didattici.

L'utilizzo delle tecnologie in ambito didattico è diventata ormai una pratica comune, ma occorre tenere presente la necessità di possedere competenze specifiche da parte del creatore dei contenuti e il tempo necessario per la realizzazione del materiale didattico. Proprio in funzione di tali problematiche la ricerca contemporanea, nel settore della progettazione e realizzazione di contenuti per l'eLearning, sperimenta nuove soluzioni al fine di migliorare le attuali metodologie di creazione di contenuti.

4.2.1 Learning Object e condivisione di materiali didattici

La creazione di materiale didattico per l'eLearning spesso avviene in un modo che potremmo definire "tradizionalista". Il docente, o chi per lui, nel creare i contenuti didattici segue un'impostazione rigida non considerando eventuali esigenze degli studenti come ad esempio le diversità degli stili di apprendimento. Tali materiali risultano quindi difficilmente modificabili o adattabili per l'utilizzo in corsi affini.

Una possibile soluzione a tale problema sono i Learning Object, però non si è ancora arrivati a un utilizzo dei LO perfettamente organizzato, in cui i moduli didattici possano essere realizzati attraverso un'aggregazione flessibile di LO. Infatti, da un punto di vista didattico, tale ipotesi risulta irrealizzabile, in quanto per poter costruire un'unità didattica non è sufficiente aggregare del materiale, ma

occorre offrire allo studente una visione completa degli argomenti, integrata da eventuali richiami ad altri contenuti, da relazioni interne alla disciplina e interdisciplinari. Inoltre, i contenuti didattici sono organizzati secondo il modello di apprendimento scelto dal docente, quindi due corsi con il medesimo programma possono differire di molto se alla base hanno una concezione didattica differente.

Gli assunti sui quali si basa il paradigma dei LO sembrano richiamare quelli della “didattica modulare” [30], in cui è possibile gestire il processo di insegnamento/apprendimento in modo flessibile, i corsi sono suddivisi in moduli che a loro volta vengono articolati in unità didattiche.

Il problema dell'utilizzo dei LO è necessariamente legato alla questione del riutilizzo; infatti, una delle questioni maggiormente discusse riguarda la costruzione di materiale didattico che sia utilizzabile e riutilizzabile, quindi adattabile a diversi contesti di apprendimento. Qualsiasi risorsa, affinché possa essere riutilizzata, deve essere descritta per mezzo di un linguaggio non ambiguo e condiviso dai possibili fruitori.

Questa esigenza di standardizzazione e descrizione dei LO ha portato alla definizione dei cosiddetti LOM (Learning Object Metadata), condivisi a livello internazionale. Lo standard dei metadati definisce una struttura interoperabile (con il termine interoperabilità si intende la capacità di un sistema di operare con altri sistemi, nel nostro caso indica la comunicabilità tra diverse piattaforme), in modo da favorire la ricerca e il riutilizzo dei LO e consiste di nove categorie [S4]:

1. Generale: racchiude le informazioni generali sui LO;
2. Ciclo di vita: racchiude le informazioni sulla vita del LO (versione, data di creazione, ecc.);
3. Meta-metadati: fornisce informazioni sullo schema di metadati adottato;
4. Tecnico: contiene informazioni sui requisiti e le caratteristiche tecniche del LO;
5. Didattico: racchiude informazioni sulle proprietà didattiche del LO;
6. Diritti: fornisce informazioni sui diritti intellettuali e simili del LO;
7. Relazioni: contiene indicazioni sul legame tra l'oggetto e altri oggetti o risorse;

8. Annotazioni: contiene commenti sull'uso didattico del LO;
9. Classificazioni: fornisce informazioni sul soggetto o la materia curricolare affrontata nel LO.

Pitkänen e Silander (2004) hanno proposto dei criteri per il riutilizzo dei LO basato sull'analisi di un gruppo di venti LO. In questo modello ogni risorsa è classificata in funzione del legame dei contenuti al contesto, del legame con delle specifiche teorie pedagogiche e delle caratteristiche tecniche (adattabilità a diverse piattaforme, usabilità dell'interfaccia, utilizzo di metadati) [62].

Reigeluth e Nelson propongono una decostruzione delle risorse didattiche in modo da organizzarle in parti fondamentali. Tale approccio permette al docente che si accinge alla preparazione del materiale didattico di ricostruire il percorso didattico in funzione dello stile di apprendimento individuato [65]. Uno dei rischi che si corre operando una decostruzione dei materiali didattici consiste nella decontestualizzazione delle conoscenze, che potrebbe comportare come risultato un LO confuso, ambiguo, privo di senso. Di fatto, il contesto nel quale si inserisce un oggetto di apprendimento offre degli stimoli per ampliare la conoscenza attraverso collegamenti intra e inter-disciplinari, favorendo una costruzione attiva del sapere. In seguito a tali considerazioni Sosteric e Hesemeier (2002) proposero una definizione di LO che tiene conto del contesto di apprendimento: un learning object è un file digitale con l'intento di essere usato per scopi educativi e include suggerimenti, sia interni che per associazione, sull'appropriato contesto all'interno del quale utilizzarlo.

Secondo Sun e Williams il costruttivismo e la semiotica offrono un'opportunità per un cambiamento rivoluzionario dell'utilizzo dei LO. Basandosi su tali assunti, essi presentano un modello per la costruzione di moduli didattici per corsi eLearning.

Il modello è costituito da cinque componenti principali [74]:

- Overview: offre informazioni di carattere generale sul modulo;
- Information Object: comprende il nucleo dei contenuti;
- Pratical Object: istruzioni passo passo;

- Assessment Object: meccanismo per ottenere un riscontro sul rendimento degli studenti;
- Summary: il modulo termina con un riassunto dei contenuti appresi.

Come abbiamo visto, esistono diverse teorie riguardanti la costruzione e il riutilizzo dei LO. Il denominatore comune è che nella costruzione di contenuti didattici per l'eLearning è di fondamentale importanza avere come punto di riferimento uno schema da seguire per ottenere uniformità di scrittura. In particolare, nell'ambito della nostra esperienza di sperimentazione di produzione di contenuti didattici da parte degli studenti, abbiamo riscontrato che offrendo delle linee guida, il materiale prodotto risulta assemblabile con maggiore semplicità.

4.2.2 Come costruire dei contenuti eLearning

Nella sezione precedente abbiamo parlato dei LO e del loro uso nell'eLearning, ora vediamo come si costruisce un corso eLearning, considerando che ogni modulo didattico del corso è composto da una serie di LO.

Riprendendo quanto affermato da Alexander [2], nella progettazione di un sistema di eLearning occorre considerare quattro aspetti fondamentali:

- Le esperienze degli studenti;
- Le strategie dei docenti;
- Le considerazioni e la preparazione dei docenti;
- Gli ambienti di insegnamento/apprendimento.

Analizzando questi quattro aspetti, osserviamo che un corso eLearning viene progettato e costruito per formare degli studenti, quindi è necessario considerare le conoscenze e le esperienze didattiche pregresse dei soggetti da istruire.

Nell'ambito di un corso eLearning sono coinvolti dei docenti che possiedono competenze professionali specifiche, stili di insegnamento e metodologie personali che verranno rispecchiate nella costruzione del materiale didattico.

Infine, gli ambienti in cui avviene l'insegnamento/apprendimento non sono più soltanto aule materiali in cui i soggetti coinvolti instaurano rapporti face-to-face, ma

l'interazione tra pari e con i docenti avviene in ambienti virtuali in cui la comunicazione può avvenire sia in maniera sincrona che asincrona.

Prima di iniziare a costruire un corso eLearning, occorre organizzare il lavoro con una progettazione dettagliata, considerando le risorse umane e tecnologiche necessarie. Se occorrono risorse economiche, è buona norma formulare una proposta del corso che sintetizzi gli scopi e gli obiettivi del progetto e che espliciti come la produzione di tale risorsa didattica possa contribuire all'accrescimento delle conoscenze e delle abilità cognitive degli studenti [46]. Solitamente occorre suddividere i compiti tra gli esperti coinvolti nella creazione dei contenuti, per esempio informatici, psicologi e pedagogisti, esperti di grafica e di sistemi di eLearning, ecc.

Il passo successivo consiste nella costruzione di un piano di lavoro che metta in evidenza le caratteristiche principali del corso; ad esempio:

- Titolo;
- Introduzione (esplicare il contesto nel quale si inserisce il corso);
- Gruppo utenti (a che tipologia di utenti è rivolto il corso);
- Obiettivo del corso;
- Strategie educative (teorie psicologiche e didattiche, tipologie di interazione tra i soggetti coinvolti, modalità di valutazione);
- Mappa del corso (struttura e collegamenti tra gli argomenti);
- Informazioni di base sugli argomenti (titolo, obiettivi, contenuti, attività, valutazione);
- Risorse (descrizione delle risorse tecnologiche necessarie).

Infine, ogni modulo deve essere pianificato e strutturato seguendo uno schema come il seguente:

- Titolo;
- Obiettivi;
- Tempi;
- Contenuti (strutturati con suddivisioni in sottoargomenti);

- Attività (test di autovalutazione, simulazioni, animazioni, attività di lettura, ecc.);
- Valutazione (descrizione di come avverrà la valutazione delle competenze acquisite).

Ponendo la nostra attenzione sulle teorie psicologiche, bisogna considerare come un approccio costruttivista sia sicuramente valido in quanto consente di effettuare un percorso personalizzato, cooperativo e collaborativo, basato sul problem-solving, in cui lo studente è il protagonista del processo di apprendimento. Occorre creare dei percorsi didattici differenziati, che tengano conto delle singole caratteristiche cognitive ed esperenziali degli studenti.

Ad esempio, Chen e Zhang [21], osservano che nella progettazione di un sistema di eLearning spesso le differenze individuali degli studenti non vengono considerate, (come ad esempio i prerequisiti, gli obiettivi, lo stile di apprendimento) e propongono un'architettura di eLearning capace di selezionare i contenuti considerando lo stile cognitivo degli studenti (Adaptive Learning System based on Learning Style and Cognitive State).

4.3 Utilizzo di risorse tecnologiche per favorire l'apprendimento

In seguito alla pubblicazione dell'articolo di Skinner (1954) "*The science of learning and the art of teaching*" le tecnologie entrano nel mondo dell'insegnamento. Skinner descrive l'importanza del rinforzo nel processo di apprendimento e al tempo stesso critica la figura del docente in quanto spesso risulta inefficiente nel fornire un adeguato e immediato feedback; in seguito a tali considerazioni propone come soluzione l'utilizzo di macchine programmate per fornire al momento opportuno un feedback sui contenuti appresi.

Tali metodi inizialmente furono apprezzati, ma con la fine del comportamentismo e la nascita del cognitivismo, in seguito a un cambiamento dello studio dei processi cognitivi, numerosi studiosi ritennero l'utilizzo delle tecnologie pericoloso, in quanto avrebbe potuto comportare la disumanizzazione del rapporto docente-studente. Con l'affermarsi delle teorie costruttiviste, l'utilizzo del computer divenne

un valido strumento a supporto della didattica in quanto considerato come strumento integrativo all'azione didattica del docente e non più un mero sostituto del formatore umano.

Oggi le tecnologie sono ampiamente utilizzate in ambito didattico, per quanto riguarda in particolare l'ambito scientifico-matematico assistiamo ancora a delle resistenze dovute a delle difficoltà tecniche, in quanto la scrittura di formule richiede ad esempio la produzione di files LaTeX e l'inserimento di grafici, animazioni, simulazioni avviene utilizzando altri software specifici. Le ricerche sull'uso della tecnologia per l'insegnamento della matematica e delle scienze fisico-matematiche sono numerose [9, 29, 56, 71].

Analizziamo i diversi strumenti a disposizione nell'ambito delle tecnologie didattiche per creare contenuti di eLearning:

- *IPERTESTI*: Con il termine ipertesto, utilizzato la prima volta da Nelson nel 1965, si intende un testo multidimensionale, formato da numerosi documenti legati fra loro tramite delle parole chiave. La caratteristica fondamentale degli ipertesti è la possibilità di poter essere letti in modo non lineare. Dal 1993 in poi, in seguito alla nascita del World Wide Web, la diffusione degli ipertesti si è ampliata sempre di più, in quanto lo stesso Web è concepito come un immenso ipertesto globale.
- *ANIMAZIONI*: Le animazioni sono immagini in movimento che permettono di far comprendere fenomeni altrimenti difficilmente immaginabili. Per esempio, con l'uso di animazioni è possibile imitare fenomeni che in natura avvengono in maniera eccessivamente veloce e che quindi non possono essere apprezzati dall'occhio umano.
- *SIMULAZIONI*: Le simulazioni, a differenza delle animazioni, possiedono un alto grado di interattività, in quanto consentono allo studente di modificare le condizioni iniziali di un dato fenomeno simulato e conseguentemente di osservare e analizzare le conseguenze.
- *FOGLI ELETTRONICI*: I fogli elettronici semplificano la raccolta e l'analisi di dati e consentono la creazione automatica di grafici.

- *WORLD WIDE WEB*: Internet consente la ricerca di informazioni, di risorse e offre la possibilità di comunicare attraverso i numerosi mezzi a disposizione.

Per la costruzione di materiale didattico, occorre utilizzare il più possibile tali risorse tenendo presente le caratteristiche specifiche delle discipline; ad esempio nella didattica della fisica risulteranno molto utili le animazioni e le simulazioni, invece nella didattica della statistica non si potrà fare a meno dei fogli elettronici.

4.4 Studenti creatori di contenuti didattici

Tra le questioni legate all'uso della tecnologia in ambito didattico occorre tenere presente l'esigenza di integrare modelli didattici e dell'apprendimento specifici. Ad esempio il costruttivismo prevede una didattica basata sull'interazione con l'utente, in cui il soggetto che apprende è partecipe attivamente del proprio processo di apprendimento. Di fronte a tale questione, bisogna distinguere l'uso della tecnologia per favorire la costruzione della conoscenza, dall'uso dei mezzi tecnologici per una mera riproduzione del sapere [39].

I LO dovrebbero supportare un modello di apprendimento "learner centered", favorire processi collaborativi e attivi, permettere di integrare gli eventuali apporti degli utilizzatori. Sul web vi sono dei *repositories* da cui è possibile scaricare LO, si veda per esempio il seguente sito web: <http://www.merlot.org>, in cui si trovano materiali didattici relativi a diverse discipline, software didattici, corsi online, quiz e test. Il sito possiede una suddivisione in comunità in base alla disciplina di interesse, ma non è un semplice repository in cui poter trovare del materiale già pronto, infatti consente la revisione da parte dei fruitori, i quali possono offrire un contributo per il miglioramento e la valutazione del materiale.

L'evoluzione del Web degli ultimi anni ha portato a una partecipazione attiva dell'utente, il quale non è più un semplice utilizzatore delle risorse online, ma diviene soggetto attivo all'interno di una comunità virtuale. Circa un decennio fa abbiamo assistito all'affermazione dei blog, che hanno dato inizio al fenomeno del social network, in cui i contenuti sono prodotti dagli stessi utenti.

La psicologia dell'apprendimento multimediale non può non tenere conto dei fenomeni legati al mondo del Web 2.0. L'eLearning deve necessariamente fare i conti con nuovi paradigmi, con una didattica centrata sullo studente, fondata sulla partecipazione attiva al percorso di insegnamento-apprendimento. Occorre iniziare a operare una creazione dei contenuti educativi che coinvolga direttamente lo studente, in quanto alla base del nuovo modo di apprendere vi è una comunicazione "orizzontale", fatta di condivisione e di discussione fra pari, (a tal riguardo si veda anche [47]).

Il primo a parlare esplicitamente di eLearning 2.0 è stato Stephen Downes nel 2005, affermando che l'eLearning 2.0 racchiude in sé tutte le nuove tecniche di apprendimento basate sul Web 2.0 [31].

Analizziamo ora con maggiore dettaglio le nuove tendenze del Web 2.0 e alcune ricerche sulla produzione di contenuti eLearning con la collaborazione degli studenti.

4.4.1 Producersage

Con il termine *producersage* si vuole intendere una nuova forma di produzione e utilizzo di contenuti, resa possibile dal Web 2.0, in cui l'utente non è più un semplice consumatore ma diviene simultaneamente produttore dei contenuti. Attualmente vi sono numerose forme di ambienti online in cui l'utente svolge un ruolo attivo di collaborazione alla creazione dei contenuti.

Riportiamo di seguito alcuni tra i fenomeni maggiormente diffusi legati allo sviluppo del Web 2.0 in cui l'utente svolge un ruolo attivo, nelle sottosezioni successive ne analizzeremo alcuni in modo più dettagliato.

- La diffusione dei social network offre nuove funzioni collaborative e nuovi modi di cooperare, supportando e incoraggiando lo scambio di conoscenze, rendendo possibile una produzione dei contenuti di tipo collaborativo [1]. Ad esempio il sito web Classroom 2.0 è un social network per insegnanti che offre aiuto e consigli utilizzando strumenti online e tecnologie Web 2.0 [S11].

- Il fenomeno di Wikipedia è diventato una minaccia per le enciclopedie, in quanto in alcuni casi i contenuti risultano qualitativamente alla pari.
- Un altro fenomeno da considerare è YouTube, in cui gli utenti producono materiale creativo.
- Il diffondersi di Software Open Source, che si basano sul principio che la qualità del software è direttamente correlata al numero di partecipanti in grado di impegnarsi nel processo di sviluppo, ha contribuito al propagarsi della figura dell'utente produttore.
- Il mondo del giornalismo è radicalmente sconvolto dal citizen journalism, che impiega i soli utenti come giornalisti e commentatori.
- Anche i produttori di giochi fanno sempre più affidamento sulla collaborazione dei giocatori per lo sviluppo di contenuti aggiuntivi.

Al di là di questi esempi elencati, occorre evidenziare una tendenza emergente generale che porta verso un cambio di paradigma, dalla produzione-consumazione si passa al *produsage*, in cui l'utente diventa simultaneamente produttore, creatore e utilizzatore dei contenuti, in un'ottica di continua costruzione di collaborazione, di contenuti sempre modificabili, completabili e quindi in fase di sviluppo per il raggiungimento di un ulteriore miglioramento.

Gli ambienti *produsage* generalmente sono aperti a tutti, la pertinenza e la qualità dei contributi è valutata dai partecipanti, in un'ottica di valutazione collettiva che contribuisce a incoraggiare una produzione attenta e diligente. Vigge il principio dell'equipotenzialità inteso come pari possibilità di dare un contributo, fermo restando le diversità dei partecipanti in capacità e competenze. Questo approccio, che consente di emergere nella comunità sulla base della qualità dei contributi, si discosta dai modelli organizzativi tradizionali di tipo gerarchico, infatti la struttura di una comunità *produsage* è in costante mutamento.

In questo nuovo contesto gli utenti devono possedere quattro capacità fondamentali: pensiero critico, spirito di collaborazione, creatività e capacità comunicative, che devono poter essere esercitate nell'ambito delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione [17].

4.4.2 NicheLearning

Con il termine *NicheLearning* si intende l'apprendimento durante il tempo libero, durante le pause fra due lezioni. Il principio di base di tale metodologia didattica consiste nel ritenere importante ogni momento della giornata e nello sfruttare pienamente tutto il tempo a disposizione.

Uno spazio di NicheLearning viene progettato per riempire i tempi vuoti degli studenti, quindi i contenuti devono essere brevi e semplici da comprendere, in modo da non appesantire i momenti di pausa rendendoli produttivi e attraenti.

In Giappone, nell'Università di Tokushima, sono stati sperimentati dei metodi per la creazione di materiale per NicheLearning in cui vengono coinvolti gli studenti [49, 52]. I vantaggi che derivano dal coinvolgimento degli studenti sono diversi: il carico di lavoro dell'insegnante è notevolmente ridotto, vi è la possibilità di produrre una maggiore quantità di materiale didattico e l'apporto degli studenti riflette le necessità e gli interessi degli utenti. In tal modo il materiale prodotto risulterà più vicino alle aspettative di chi lo dovrà utilizzare per la propria formazione. Ovviamente il lavoro svolto dagli studenti deve essere monitorato, in modo che sia esatto nei contenuti e adeguato nella forma.

Nella sperimentazione giapponese il ruolo svolto dagli studenti consiste soprattutto nell'elaborazione delle riprese video e nella scrittura dei contenuti, essi possono aggiungere dei commenti sul materiale prodotto e porre domande in un clima collaborativo. L'insegnante svolge soprattutto un ruolo di scrittura, di selezione degli argomenti e risponde alle domande degli studenti. Nel modello collaborativo proposto vi è anche la figura del coordinatore, che funge da collegamento tra studenti e insegnanti, fornendo incentivi per la creazione dei contenuti e proponendo un adeguato modello partecipativo.

Per rendere il lavoro ordinato è stato proposto il seguente schema iterativo, da seguire nel corso della produzione:

A. Fase di pianificazione

1. Impostare lo scopo del materiale
2. Decidere lo stile di presentazione
3. Decidere lo stile di partecipazione

B. Fase di creazione

4. Creazione dettagliata del materiale (scrittura)
5. Riprese e montaggio

C. Screening

D. Consegna

Per quanto riguarda lo stile di partecipazione sono state sperimentate due diverse tipologie: “centrato sullo studente” e “guidato dall’insegnante”.

Nel primo caso gli studenti guidano l’intero processo di creazione, dalla selezione degli argomenti alla produzione, invece nel secondo caso il docente seleziona gli argomenti, coordina il lavoro e decide la struttura da seguire per la produzione.

Le ricerche mostrano delle differenze tra i due approcci in termini di vantaggi e svantaggi, mostrati nella tabella 1.

	CENTRATO SULLO STUDENTE	GUIDATO DALL'INSEGNANTE
VANTAGGI	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lo studente è libero di esprimere le proprie idee che possono riflettersi nella creazione del materiale. 2. Il livello e i materiali di apprendimento combaciano con i bisogni dello studente. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gli argomenti sono chiari e ben organizzati. 2. Il tempo necessario per la produzione è minore. 3. Il carico di lavoro degli studenti è minore rispetto all'approccio centrato sullo studente.
SVANTAGGI	<ol style="list-style-type: none"> 1. Il tempo necessario per ordinare le idee, discutere e creare è eccessivo. 2. Tendenza a perdere l'obiettivo del lavoro 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gli studenti tendono a seguire l'idea dell'insegnante soffocando le capacità creative e la ricerca di soluzioni personalizzate.

Tabella 1: Vantaggi e svantaggi dei due stili di partecipazione

In generale, la sperimentazione effettuata ha dimostrato che non solo è possibile coinvolgere gli studenti nella produzione di materiale didattico, ma tale attività comporta dei vantaggi a livello dell'apprendimento.

4.4.3 YouTube

Tra i fenomeni del Web 2.0 ricordiamo YouTube che come tutti i mezzi di comunicazione sociale incoraggia attivamente la produzione di contenuti; tuttavia il potere di YouTube come risorsa educativa è ancora largamente sottovalutato. Tale strumento, se utilizzato in modo opportuno, genera discussione, favorisce la partecipazione e incentiva l'impegno, coinvolgendo gli studenti in un processo attivo dell'apprendimento.

I membri di YouTube non solo possono caricare il proprio materiale prodotto, ma hanno la possibilità di commentare, taggare, valutare e modificare i video degli altri, e tutto ciò può essere fatto con estrema semplicità.

Nel 2007 il gruppo Creative Industries Library dell'Università della Tecnologia in Queensland ha sperimentato con successo l'utilizzo di YouTube presso la Facoltà delle Industrie Creative [67]; sempre nello stesso anno, all'Università di Hull (U.K.), sono stati raccolti dei video storici dal 1910 ad oggi, il progetto consiste di oltre tre ore di notizie televisive e di cinegiornale, assemblati in un archivio on-line [18, S6].

Sul Web vi sono diversi siti didattici in cui è possibile scaricare del materiale, ad esempio sul sito <http://fisica.andreadecapoa.net/> troviamo video di buona qualità per l'insegnamento della fisica.

4.4.4 Wiki

Wiki deriva da un termine di lingua hawaiana "wiki wiki" che significa rapido, molto veloce. Un Wiki è un sito web (o una collezione di documenti ipertestuali) che viene aggiornato dai suoi utilizzatori e i cui contenuti sono sviluppati in collaborazione da tutti coloro che vi hanno accesso. Il Wiki è una delle applicazioni più flessibili fra quelle disponibili nel Web.

La modifica dei contenuti è aperta, nel senso che il testo può essere modificato da tutti gli utenti (a volte soltanto se registrati, altre volte anche anonimi) procedendo non solo per aggiunte come accade solitamente nei forum, ma anche cambiando e cancellando ciò che hanno scritto gli autori precedenti.

Ogni modifica è registrata in una cronologia che permette in caso di necessità di riportare il testo alla versione precedente; lo scopo è quello di condividere, scambiare, immagazzinare e ottimizzare la conoscenza in modo collaborativo. Il termine wiki indica anche il software collaborativo utilizzato per creare il sito web e il server [S3].

L'invenzione di tale tipologia di sito web è dovuta all'ingegnere Ward Cunningham e risale al 1995. Il Wiki consente agli utenti di creare e modificare le pagine; il principio sul quale si basa tale tipo di sito è la collaborazione, infatti la sua peculiarità consiste proprio nella possibilità di far scrivere su più pagine persone

diverse tenendo sempre traccia di tutte le attività, in modo da poter intervenire sui contributi controllando le modifiche effettuate e accettandole o meno.

Nel 2001 nasce il progetto Wikipedia, un'enciclopedia elettronica online gratuita ed accessibile a tutti, creata esclusivamente dagli utenti, in essa ognuno può offrire liberamente il proprio contributo (Figura 18).

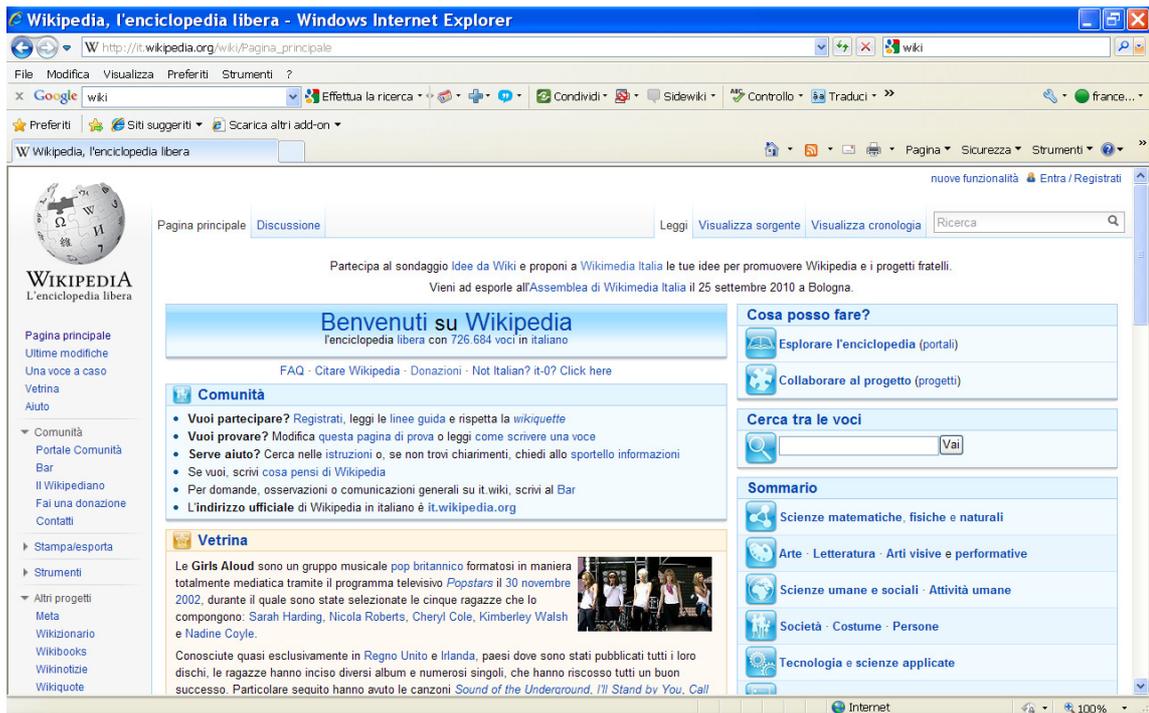


Figura 18: Home Page di Wikipedia.

Il mondo educativo sta scoprendo le potenzialità di Wiki come strumento didattico per promuovere un apprendimento collaborativo. Ogni pagina Wiki è accompagnata da un gruppo di discussione ed è fornita di un sistema che mantiene la traccia di tutti i contributi, in tal modo si può tornare ad una versione del contenuto precedente e controllare eventuali apporti “vandalici”.

Tra le sperimentazioni didattiche effettuate ricordiamo quella svolta presso l'Università di Plymouth (UK), in cui Wiki è stato utilizzato come strumento per promuovere il miglioramento della scrittura [86].

Tra i benefici riscontrati da tale ricerca vi è una maggiore attenzione degli studenti nei confronti della grammatica e dello stile di scrittura, dovuto essenzialmente al timore del giudizio degli altri utenti. Inoltre chi si accinge a offrire un contributo

considera le esigenze e le eventuali difficoltà del lettore. Per quanto riguarda invece i limiti di tale approccio occorre tenere presente la possibilità di eventuali conflitti fra pari o d'altra parte l'eventualità che le opinioni vengano soffocate per paura di arrecare delle offese.

4.4.5 Un esempio di contenuti eLearning di matematica ideati con il contributo degli studenti

Presso la Facoltà di Economia dell'Università di Bergamo è stata sperimentata una metodologia collaborativa per l'insegnamento della matematica in ambiente eLearning. Alla base di tale proposta formativa vi è l'idea di strutturare i contenuti in modo da poter integrare gli aspetti teorico-formali con quelli applicativi.

L'attività svolta dallo studente non è un semplice esercizio online, ma si espleta attraverso la modifica dei materiali proposti dal docente.

L'integrazione degli aspetti teorici con quelli applicativi avviene costruendo i contenuti seguendo il seguente schema che si basa su cinque fasi:

1. Presentazione di un problema rispetto al quale il concetto ha una rilevanza applicativa;
2. Enunciazione di definizioni e/o proprietà relative ai concetti che sono oggetto dell'azione didattica;
3. Presentazione di esempi di applicazione dei concetti e/o utilizzo dei concetti tramite strumenti di calcolo automatico;
4. Trattazione da un punto di vista logico-formale anche attraverso la dimostrazione dei teoremi;
5. Applicazione dei concetti matematici e delle loro proprietà al problema proposto al passo 1.

L'integrazione e la modifica da parte degli studenti di tali contenuti didattici è avvenuta attraverso la pubblicazione nel forum. Il docente, controllando tali interventi, ha ottenuto suggerimenti validi per l'azione didattica.

In particolare una studentessa ha inserito gli appunti presi nel corso delle lezioni differenziandoli con colore diverso dal testo pubblicato dal docente e questo tipo di integrazione è risultata molto utile agli studenti non frequentanti [34].

4.5 eLearning per industrie di microelettronica

La microelettronica è una branca di studi caratterizzata da un'elevata specializzazione che comprende conoscenze e competenze matematiche, fisiche e ingegneristiche. Si tratta di un campo innovativo che comprende tecnologie avanzate e richiede competenze specifiche sull'utilizzo e il controllo di sistemi software sofisticati per progettare e implementare nuovi dispositivi [4, 5].

Le industrie di microelettronica subiscono continuamente la pressione della competizione internazionale, infatti il rapido sviluppo di nuovi dispositivi di microelettronica richiede sempre nuove competenze e abilità. Una possibile strategia per affrontare tale competizione consiste nell'adottare metodologie educative-formative avanzate con lo scopo di migliorare rapidamente le competenze del proprio personale [6]. In particolare, l'eLearning rappresenta un sistema valido, utile per fornire un aggiornamento costante ai lavoratori, con tempi e spazi flessibili.

Dal momento che l'innovazione proviene frequentemente dalla collaborazione fra Industria e Università, il ruolo di quest'ultima diviene importante.

Per rispondere alle esigenze industriali, molti costruttori di software offrono alle aziende dei sistemi software accompagnati da un supporto educativo per l'utilizzo delle tecnologie; menzioniamo ad esempio Cadence e Menton Graphics, delle compagnie che hanno realizzato delle classi virtuali. Gli ambienti virtuali permettono agli utenti di manipolare comandi virtuali dell'interfaccia software, simulando applicazioni reali.

4.5.1 eLearning tra Accademia e Industria nell'Unione Europea

In questi ultimi anni, l'Unione Europea ha supportato questo bisogno di collaborazione tra Università e Industria fondando diversi progetti di ricerca mirati

alle applicazioni ICT in microelettronica; l'obiettivo di tali iniziative è progettare e sviluppare materiale educativo e piattaforme eLearning basate su ambienti interattivi.

Cronologicamente menzioniamo i seguenti progetti:

- Nel 2003 è stato avviato il progetto LIMA (Learning Platform in Microelectronic Applications) che ha per obiettivo la progettazione di un sistema di eLearning per rafforzare tre importanti centri educativi di microelettronica [57];
- Nel 2004 troviamo il progetto E-LIMM (E-Learning for Microelectronics Manufacturing project) che ha per scopo l'applicazione delle nuove tecnologie per istruire le persone che lavorano nelle industrie di microelettronica [56];
- Nel 2006 il progetto INETELE coinvolge otto Università di otto stati europei ed ha per obiettivo la creazione di un insieme di materiale educativo multimediale e software per l'istruzione dei futuri ingegneri elettronici, utilizzando animazioni, simulazioni, laboratori virtuali e un sistema per la valutazione finale [90];
- Infine menzioniamo il progetto CoMSON (Coupled Multiscale Simulation and Optimization in Nanoelectronics) del 2005 che fa parte del programma europeo Marie Curie RTN (Research Training Network). Nella sezione successiva parleremo di questo progetto con maggiore dettaglio, in quanto la ricerca effettuata è inserita in tale programma [24].

Considerando gli obiettivi di tali progetti di ricerca possiamo affermare che le ICT e in particolare l'eLearning possono rappresentare un ponte innovativo tra Università e Industria, incoraggiando e incentivando la collaborazione.

4.5.2 Progetto CoMSON

Esponiamo con maggiore dettaglio il progetto CoMSON in quanto la ricerca effettuata si colloca nell'ambito di tale programma.

Il progetto ha coinvolto cinque Università (“Bergische” University of Wuppertal, “Politehnica” University of Bucharest, Università della Calabria, Università di Catania, TU Eindhoven) e tre aziende di microelettronica (NXP-Philips, Qimonda, STMicroelectronics) ed è stato attivo dal 01/10/2006 al 31/03/2010.

L’obiettivo principale del progetto CoMSON è stato il seguente: realizzare una Piattaforma Dimostrativa (DP) sperimentale in codice software che comprenda in un unico ambiente la simulazione accoppiata di dispositivi, interconnessioni, circuiti, campi elettromagnetici ed effetti termici. Connettendo i risultati ottenuti in ogni singolo campo, la piattaforma permette di offrire un adeguato strumento di simulazione per l’ottimizzazione in uno spazio di design composto [3].

L’idea è che questa piattaforma possa essere utilizzata per testare metodi e approcci matematici e per valutare se tali metodi sono applicabili alla risoluzione di problemi industriali reali.

Inoltre, un secondo obiettivo consiste nella realizzazione di una piattaforma di eLearning collegata alla DP. L’idea è che tale piattaforma possa essere utilizzata per l’istruzione di giovani ricercatori attraverso una metodologia eLearning, rendendo possibile il collegamento delle conoscenze su modelli e metodi e offrendo l’opportunità di trasferire questi saperi a nuove ricerche.

Il progetto CoMSON rappresenta un esperimento interessante sia per l’alto livello di formazione degli utenti sia per la stretta collaborazione instaurata tra università e industria che hanno lavorato congiuntamente in tutte le fasi di realizzazione della DP e del sistema di eLearning, compresa la realizzazione dei contenuti didattici.

Il progetto CoMSON è suddiviso in quattro work package:

- Modellistica e analisi matematica;
- Tecniche di simulazione per domini accoppiati;
- Ottimizzazione;
- E-Learning.

Analizziamo il work package che si è occupato dell’eLearning in quanto la ricerca effettuata ha avuto come scopo principale la sperimentazione di una metodologia didattica condivisa dai partners del progetto e dedicata alla creazione di contenuti didattici per l’eLearning [6].

Lo scopo di tale work package è la creazione di una piattaforma eLearning integrata con la DP; tale piattaforma fornisce tre tipologie di risorse educative:

- Deposito per appunti, presentazioni, articoli, capitoli di libri;
- Corsi interattivi;
- Piattaforma di simulazione che si collega con la DP per creare simulazioni.

L'obiettivo è implementare una Graphical User Interface (GUI) capace di collegare la conoscenza della piattaforma eLearning con la DP.

In particolare la GUI collega le seguenti componenti:

- Il sistema informatico che include tre funzionalità principali (documentazione, creazione e distribuzione);
- La piattaforma eLearning che include hardware, software, meccanismi di consegna e processi per gestire percorsi educativi;
- L'ambiente di simulazione (DP) che permette di formare i futuri ricercatori di microelettronica.

Tale interfaccia è implementata in linguaggio Java e permette agli utenti di effettuare simulazioni di circuiti elettronici. Le simulazioni consentono di istruire i giovani ricercatori sulla matematica applicata alle tecnologie contemporanee sia da un punto di vista teorico che pratico. Nell'ambito di un laboratorio virtuale l'utente può visualizzare e manipolare in modo interattivo, ciò gli consente di comprendere meglio i concetti teorici [4].

Lo scopo della piattaforma eLearning è creare un ambiente educativo flessibile e innovativo basandosi su metodologie costruttiviste con approcci learning-by-doing in cui il soggetto che apprende impara attraverso il fare, manipolando software di simulazione.

In tale ambiente studenti e docenti possono interagire utilizzando diverse tecnologie e grazie a questa interazione tra pari e al confronto con il docente gli studenti usufruiscono di un supporto utile all'apprendimento.

Una volta realizzata la piattaforma di eLearning, è emerso il problema dell'inserimento di contenuti didattici su di essa. Infatti, gli argomenti relativi alla branca scientifica della microelettronica necessitano di un alto grado di specializzazione. Inoltre, affinché tali argomenti vengano tradotti in contenuti

didattici per l'eLearning sono necessarie competenze tecnologiche che richiedono investimenti economici. Per ovviare a questo problema è stata tentata una strada diversa in cui la creazione dei contenuti viene affidata agli stessi utenti.

4.6 Conclusioni

Il mondo dell'insegnamento è posto di fronte a nuove possibilità nel fare didattica, dovute all'utilizzo di tecnologie informatiche. Queste nuove possibilità indirizzano la didattica verso un modello in cui il discente diviene sempre più partecipe del processo di insegnamento/apprendimento e quindi protagonista e costruttore della conoscenza.

Le risorse del Web 2.0 consentono di operare interventi formativi in cui gli studenti diventano produttori di contenuti didattici ed è proprio in quest'ottica che abbiamo collocato la ricerca svolta, sperimentando una costruzione di contenuti didattici per l'eLearning effettuata dagli studenti.

Tale soluzione consente di ottimizzare i tempi di formazione e allo stesso tempo riduce i costi di produzione, rendendo l'ipotesi dell'utilizzo dell'eLearning più accessibile.

Capitolo 5: Ricerca

5.1 Introduzione

La creazione di contenuti di eLearning comporta diverse difficoltà dovute sia a problemi di tipo tecnologico come l'uso di strumenti per la manipolazione e gestione dei contenuti, che di tipo concettuale connessi alla creazione di contenuti didattici. Nella costruzione di materiali didattici per l'eLearning, gli approcci metodologici sono importanti poiché l'organizzazione del materiale didattico influenza i processi di apprendimento dei concetti. Minato e coll. hanno individuato alcuni nodi principali nella creazione di contenuti di eLearning [52]:

- I contenuti spesso sono insufficienti o inappropriati;
- La creazione di contenuti ha bisogno di molto tempo ed energia;
- La produzione di qualità grava in modo significativo sui costi;
- Per ottenere un contenuto educativo efficace sono necessarie numerose revisioni;
- La produzione di contenuti scientifici con l'inserimento di formule, grafici e link ad applicazioni di simulazioni numeriche allunga i tempi di realizzazione.

La costruzione di un corso eLearning richiede quindi tempo, organizzazione e impegno da parte del docente. Partendo dall'analisi di questo problema si è deciso di sperimentare una nuova metodologia per la creazione di contenuti didattici da destinare ad ambienti di eLearning. La metodologia didattica adottata è stata quella del "Project-Based Learning", in cui ogni studente, creando i contenuti spendibili in un sistema di eLearning, cura contemporaneamente la propria formazione con strategie didattiche e metodologiche di tipo costruttivistico e collaborativo, cimentandosi nel lavoro di gruppo e curando le capacità comunicative e propriamente disciplinari. L'uso del computer, e in particolare di software di simulazione, consente di analizzare e visualizzare fenomeni della microelettronica. In particolare, l'utilizzo di simulazioni in ambito didattico si basa sulla teoria

costruzionista dell'apprendimento, in quanto la simulazione di dispositivi elettronici può essere considerata come una costruzione di artefatti cognitivi.

La ricerca effettuata si colloca nell'ambito del progetto CoMSON di cui abbiamo parlato nel capitolo precedente. In particolare ci siamo occupati del work package relativo all'eLearning che ha per obiettivo la creazione di una piattaforma eLearning integrata con una piattaforma dimostrativa sperimentale.

Abbiamo proposto una metodologia didattica che ha consentito la creazione di contenuti per l'eLearning da parte degli studenti.

La prima sperimentazione si è basata soprattutto sul ruolo svolto dalle simulazioni in ambito didattico, infatti gli studenti hanno ideato dei progetti in cui oltre a rielaborare dei contenuti teorici e a svilupparli attraverso un editor per la costruzione di materiali per l'eLearning, hanno sviluppato delle simulazioni numeriche di dispositivi elettronici.

Verificata la possibilità di coinvolgere gli studenti nella creazione di contenuti didattici, nella seconda sperimentazione si è pensato di porre maggiore attenzione alla creazione di moduli didattici per l'eLearning, lasciando un ruolo marginale alle simulazioni.

Tali sperimentazioni hanno offerto una soluzione per alcuni problemi relativi alla costruzione del materiale didattico per percorsi di eLearning in quanto si ottiene una riduzione dei tempi e dei costi per la realizzazione.

5.2 Obiettivo della ricerca

La ricerca ha per obiettivo la sperimentazione di un nuovo approccio metodologico per la creazione di contenuti di eLearning per corsi di matematica applicata alla microelettronica basato sul Project-Based Learning. Le domande sulle quali si basa la ricerca effettuata sono le seguenti:

- E' possibile creare contenuti didattici per percorsi di eLearning coinvolgendo nella creazione studenti universitari?
- Gli studenti sono in grado di comunicare utilizzando un linguaggio appropriato?

- La realizzazione di tali contenuti può essere utilizzata come strumento di valutazione dell'apprendimento degli studenti?

Allo scopo di verificare l'efficacia dell'approccio PBL nel rispondere alle domande precedenti, sono stati progettati da parte degli studenti contenuti di Learning e successivamente sperimentati all'interno dello stesso corso ma rivolti ad altri studenti.

Il modello didattico utilizzato per la creazione dei contenuti può essere schematizzato con la figura 19.

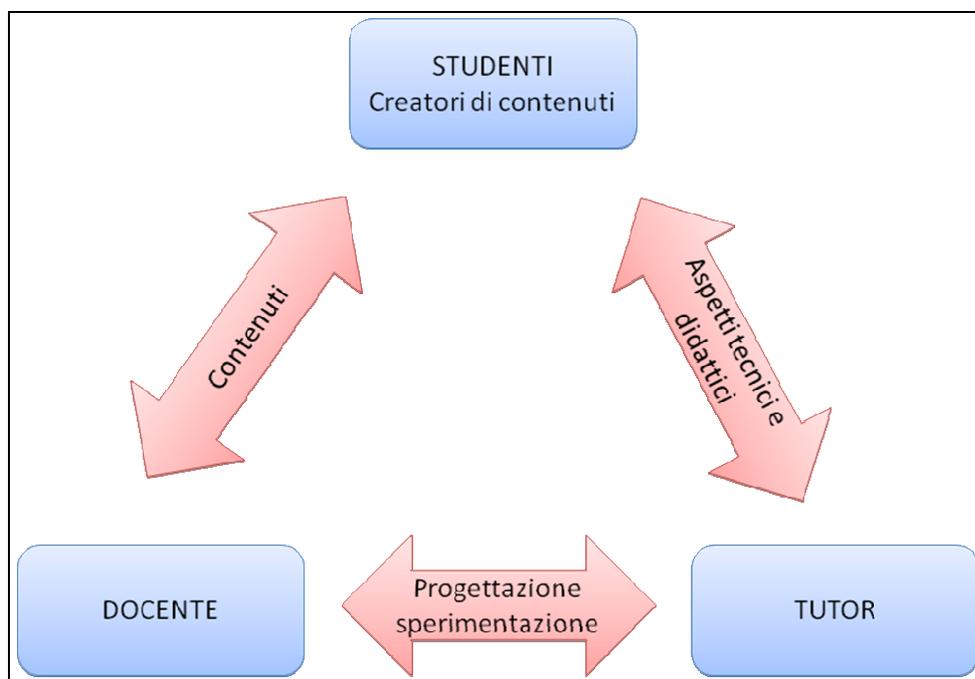


Figura19: Modello didattico per la creazione dei contenuti

Innanzitutto il docente, insieme al tutor, ha predisposto l'iter di realizzazione dei contenuti didattici, pianificando tutte le fasi delle sperimentazioni.

Nel corso della creazione dei suddetti contenuti, affidata agli studenti, le modalità di interazione tra i soggetti coinvolti comprendono:

- Interazione docente-studenti: domande e chiarimenti sugli argomenti oggetto di trattazione;

- Interazione tutor-studenti: domande e chiarimenti sugli aspetti tecnici (nel corso della prima sperimentazione), sugli aspetti tecnici e didattici (nel corso della seconda sperimentazione);
- Interazione docente-tutor: riflessioni sulla ricerca e pianificazione del lavoro da svolgere.

5.3 Prima sperimentazione

5.3.1 Soggetti

Hanno partecipato alla ricerca 23 studenti frequentanti il corso di “Modellistica dei dispositivi a semiconduttore” (Docente: Prof. Giuseppe Ali) della Facoltà di Ingegneria dell’Università della Calabria, A.A. 2007/2008. Le lezioni sono state seguite da studenti del secondo anno del Corso di laurea specialistica in Ingegneria Elettronica, provenienti da una formazione scolastica eterogenea, la maggioranza di tipo tecnico-scientifico. Gli studenti hanno lavorato singolarmente o in gruppi da 2 o 3, interagendo in presenza e a distanza, sia in modalità sincrona che asincrona; hanno seguito le lezioni garantendo una presenza costante e interagendo con il docente attraverso domande di chiarimento e osservazioni.

5.3.2 Materiali

I materiali sono stati creati usando il software open-source eXe-Learning il quale permette di creare moduli di eLearning compatibili con lo standard SCORM; gli studenti hanno utilizzato Matlab e Octave per realizzare delle simulazioni dell’argomento trattato e in particolare un codice fornito dal Prof. Micheletti del Politecnico di Milano. In totale sono stati realizzati 23 progetti, in quanto ogni studente, pur lavorando in gruppo, ha presentato una versione personalizzata del lavoro svolto.

5.3.3 Metodo

La sperimentazione è stata condotta nell'Anno Accademico 2007/2008. Prima dell'inizio delle attività didattiche il docente ha creato la struttura del corso servendosi della piattaforma Claroline ICampus della Facoltà di Ingegneria dell'Università della Calabria, all'interno della quale ha inserito il programma preventivo, le modalità di valutazione, la descrizione del progetto da realizzare e le dispense sugli argomenti del corso.

Nella figura 20 troviamo la pagina principale del corso “Modellistica dei dispositivi a semiconduttore” sulla piattaforma ICampus dell'Università della Calabria.

Nella figura 21 vediamo una parte della descrizione del corso, in particolare la sezione dedicata al programma svolto.

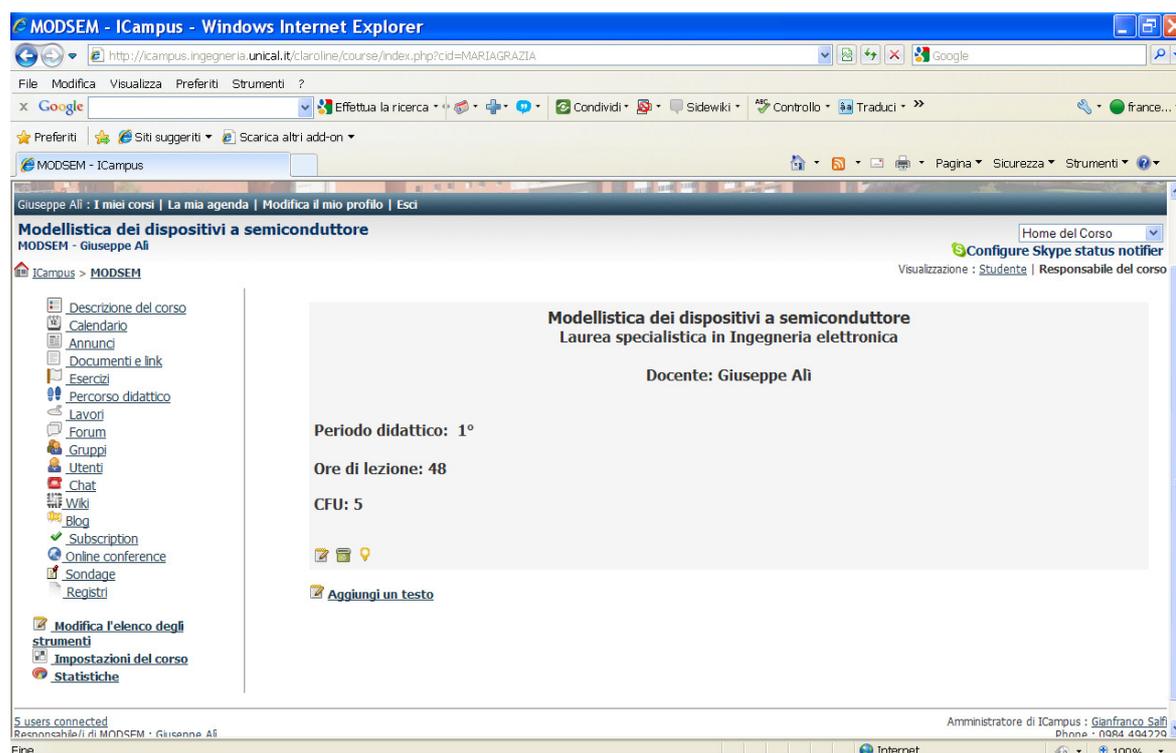


Figura 20: Pagina principale del corso “Modellistica dei dispositivi a semiconduttore” sulla piattaforma ICampus dell'Università della Calabria.

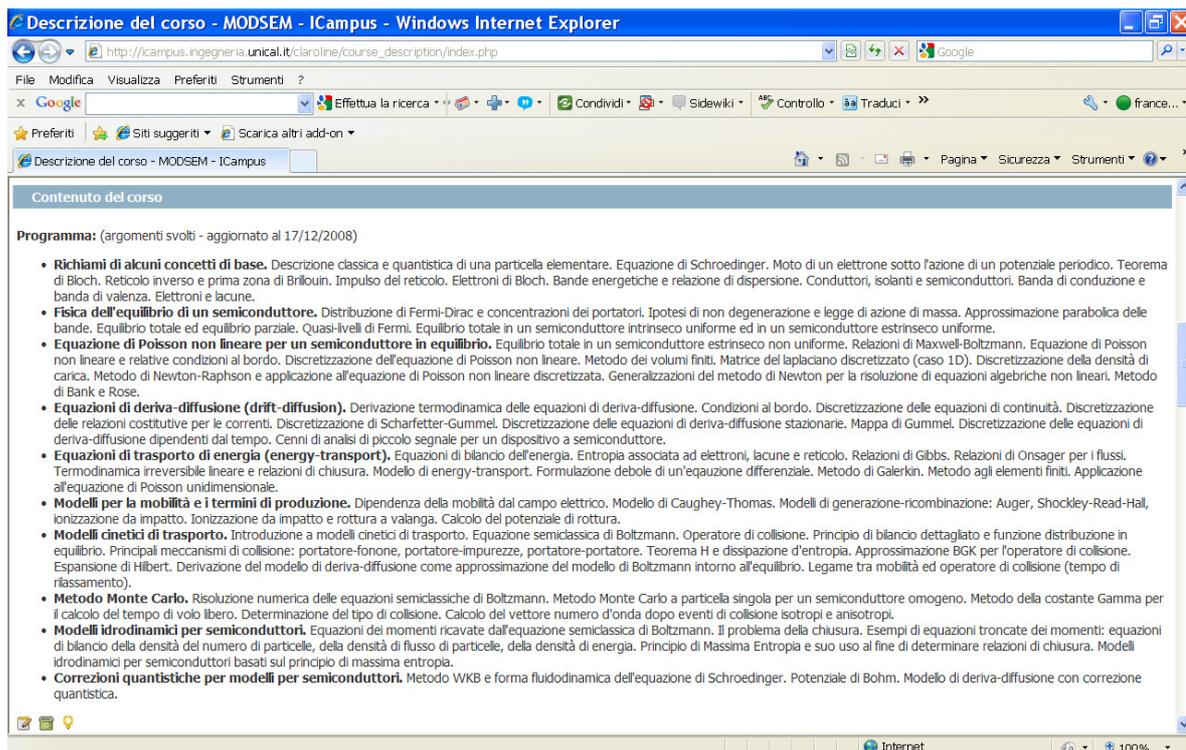


Figura 21: Descrizione del corso: programma svolto.

Le lezioni si sono svolte in modalità tradizionale; in particolare il corso è stato sviluppato con 48 ore di lezioni frontali. I criteri di valutazione del corso prevedevano oltre all'esame finale anche la stesura di un progetto di gruppo sul seguente argomento: "Simulazione di un diodo uni-dimensionale descritto dalle equazioni di deriva-diffusione".

Il compito dei soggetti consisteva nel rielaborare i contenuti già trattati durante le lezioni, personalizzandone l'esposizione e/o effettuando approfondimenti, e utilizzando l'editor eXe-Learning per esporre i contenuti. In particolare il progetto si è basato sulla rielaborazione di un codice di simulazione in Matlab al fine di esaminare alcune tematiche specifiche emerse durante il corso. Per affrontare la stesura del progetto erano necessarie conoscenze proprie della disciplina e competenze informatiche per l'utilizzo dell'editor eXe-Learning e dei software di simulazione. Per tale ragione gli studenti sono stati affiancati da un tutor tecnico che si è occupato di chiarire la metodologia di utilizzo di eXe-Learning. Abbiamo ritenuto necessario valutare non solo le conoscenze, ma anche la capacità di comunicazione scritta e di rielaborazione dei contenuti, in quanto si ritiene che tali

caratteristiche siano fondamentali per la creazione di materiale adoperabile nell'ambito dell'eLearning.

I gruppi di lavoro, nel corso del progetto, sono stati seguiti sia dal docente per quanto riguarda la correttezza dei contenuti, sia da un tutor di carattere tecnico che ha avuto il compito di offrire chiarimenti e suggerimenti sull'utilizzo dell'editor eXe-Learning.

Nella figura 22 presentiamo l'iter di realizzazione dei contenuti didattici.



Figura 22: Iter di realizzazione dei contenuti didattici

5.3.4 Organizzazione dei progetti

Gli studenti sono stati lasciati liberi di seguire una struttura organizzativa dei contenuti secondo le loro competenze. Il docente si è limitato a fornire loro solo delle linee generali, come l'inserimento di una pagina iniziale con titolo, nomi dei partecipanti e del docente e Anno Accademico, l'inserimento di immagini

esplicative delle simulazioni e dei codici di simulazione utilizzati e il suggerimento di seguire un certo ordine nell'esposizione, tenendo presente che il lavoro prodotto sarebbe servito per la formazione di altri studenti. La scelta di lasciare un margine di libertà nell'esposizione dei contenuti è servita per valutare gli schemi adoperati per la stesura dell'elaborato e per vedere se gli studenti sarebbero stati in grado di costruire una struttura logica-sequenziale delle argomentazioni che sia consona con l'organizzazione di una lezione eLearning; infatti, nessuno studente aveva esperienze precedenti di corsi online, né possedeva conoscenze e competenze didattiche. L'organizzazione strutturale di un modulo eLearning richiede una suddivisione degli argomenti che metta in evidenza i concetti fondamentali suddivisi in sottoargomenti, eventuali collegamenti con altre conoscenze pregresse e/o successive, una esposizione che contenga un numero limitato di concetti per ogni cartella, in modo da non appesantire il discorso e da rendere più agevole la lettura al fruitore dei contenuti.

5.3.5 Metodologia di valutazione dei progetti

La stesura del progetto è stata considerata parte integrante del corso e oggetto di valutazione da parte del docente. A fine corso ogni studente è stato valutato attraverso un tradizionale colloquio orale, accompagnato dalla discussione del lavoro svolto. Il voto finale è stato ricavato dando un peso del 70% al colloquio e del 30% all'elaborato.

I singoli progetti sono stati valutati applicando i criteri delle rispettive griglie di valutazione riportati nelle seguenti tabelle.

	Livelli	Voto
Caratteristiche di contenuto: chiarezza espositiva	Incapacità di comunicare i contenuti richiesti	0
	Capacità di comunicazione accettabile ma un po' superficiale, con linguaggio poco rigoroso	0.5
	Comunicazione chiara, scorrevole, elegante e creativa	1

Tabella 2. Con tale indicatore si valuta la capacità di esposizione dell'argomento, il linguaggio adoperato e lo stile utilizzato.

	Livelli	Voto
Caratteristiche didattiche	Non utilizza le voci di carattere didattico o le utilizza in modo errato	0
	Utilizza le voci didattiche in modo corretto ma superficiale	0.5
	Utilizza le voci didattiche in modo approfondito e rigoroso	1

Tabella 3. Con tale indicatore si valuta l'utilizzo di voci didattiche atte a esplicitare il percorso effettuato nella stesura del progetto: prerequisiti, obiettivi, contenuti, autovalutazione, bibliografia.

	Livelli	Voto
Caratteristiche strutturali	Non utilizza la struttura di base proposta	0
	Utilizza la struttura di base proposta, ma non vi sono ramificazioni ad albero coerenti o le ramificazioni non sono sufficienti	0.5
	Utilizza la struttura di base proposta in modo personalizzato, facendo uso di ramificazioni ad albero coerenti	1

Tabella 4. Con questo indicatore si valuta la struttura dell'esposizione, in particolare la suddivisione dei contenuti in paragrafi e sottoparagrafi.

	Livelli	Voto
Ordine nell'esposizione	Uso dei caratteri confusionario e testo/immagini che non seguono un ordine comune	0
	Uso dei caratteri confusionario o testo/immagini che non seguono un ordine comune	0.5
	Esposizione ordinata	1

Tabella 5. Con questo indicatore si valuta l'ordine nell'esposizione intesa come utilizzo dei caratteri in modo omogeneo, inserimento di immagini con dimensioni adeguate ed eventuali commenti alle medesime.

5.3.6 Esempi di progetti

Prendiamo in esame uno dei progetti realizzati nell'A.A. 2007/2008, di cui riportiamo la visualizzazione nel formato .exe nella figura 23.

Dall'analisi del frame in cui si trova la struttura del progetto vediamo che lo studente, dopo aver inserito una premessa generale e gli obiettivi del lavoro svolto, dedica una sezione alle conoscenze preliminari. In seguito opera un'analisi del codice di simulazione Matlab e infine inserisce una galleria delle immagini ottenute con le simulazioni effettuate.

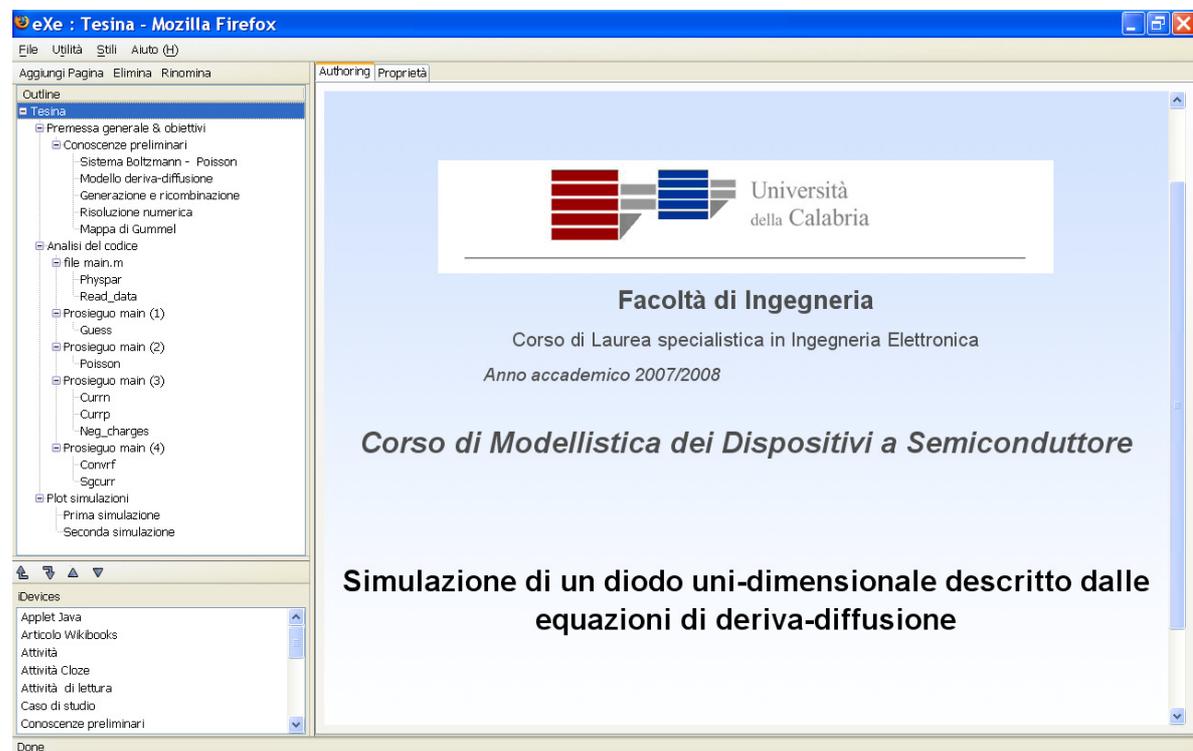


Figura 23: Progetto in formato .exe: nel frame in alto a sinistra troviamo la struttura dell'esposizione, organizzata in sezioni e sottosezioni; nel frame di destra compare la pagina iniziale.

Nella figura 24 riportiamo la pagina in cui si trovano le immagini delle simulazioni effettuate con Matlab.

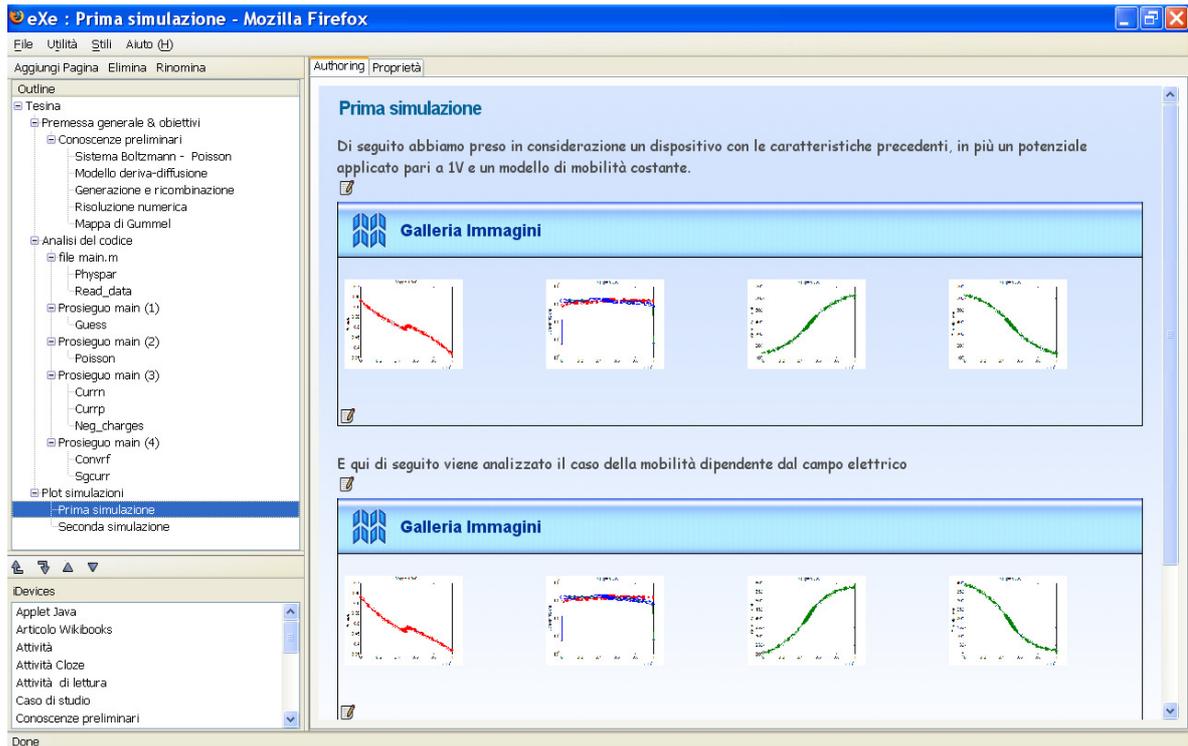


Figura 24: Sezione del progetto dedicata alla visualizzazione delle simulazioni effettuate con Matlab.

Effettuando un'analisi critica del progetto, troviamo i seguenti fattori positivi:

- Stesura ordinata: lo studente organizza i contenuti utilizzando sezioni e sottosezioni coerenti;
- Il carattere usato e le relative dimensioni sono le stesse per tutta la stesura del progetto;
- La sezione delle conoscenze preliminari è sviluppata in modo adeguato;
- La visualizzazione dell'intero progetto in generale è buona in quanto ogni pagina ha all'incirca la stessa lunghezza che non supera di molto le dimensioni dello schermo.

Tra i fattori negativi abbiamo:

- Mancanza dei codici di simulazione e dei commenti ai medesimi;
- Immagini delle simulazioni troppo piccole;
- Mancanza di una spiegazione esaustiva delle simulazioni effettuate;

- Il linguaggio usato spesso non è sufficientemente chiaro e preciso, a tal proposito riportiamo quanto ha scritto lo studente nella sezione “Premessa generale e obiettivi”:

“Questo lavoro è dedicato all'analisi, in ambiente Matlab, di un dispositivo a semiconduttore, mediante simulazione numerica, a partire dal modello di deriva-diffusione per una giunzione p-n unidimensionale. Pertanto, dopo aver descritto brevemente quelli che sono i concetti chiave per la comprensione dell'elaborato, verranno analizzati i codici Matlab utilizzati per la simulazione ed infine, a partire dai risultati ottenuti, verranno effettuate le relative considerazioni. Verranno così ricavate: la distribuzione delle concentrazioni delle lacune e degli elettroni e il potenziale lungo la giunzione p-n.”

Di seguito proponiamo gli stessi concetti sviluppati in modo differente:

“In questo lavoro si intende analizzare un dispositivo a semiconduttore effettuando simulazioni numeriche attraverso il software Matlab. In particolare considereremo il modello di deriva-diffusione per una giunzione p-n unidimensionale.

Il lavoro è organizzato come segue:

- *Concetti fondamentali utili per la comprensione dell'elaborato;*
- *Analisi dei codici di simulazione utilizzati;*
- *Analisi e considerazioni sui risultati ottenuti in seguito alle simulazioni numeriche.”*
- Tra le voci di carattere didattico manca una sezione dedicata all'autovalutazione e un'altra alla bibliografia;
- L'uso degli strumenti che mette a disposizione eXe-Learning non è sempre coerente, vediamo ad esempio la pagina visualizzata nella figura 25: lo studente introduce lo strumento “Attività” che serve per descrivere i compiti che il lettore dovrebbe completare. Se si leggono i contenuti inseriti dallo studente, si nota immediatamente che non vi è nulla da completare e nessun compito suggerito al lettore.

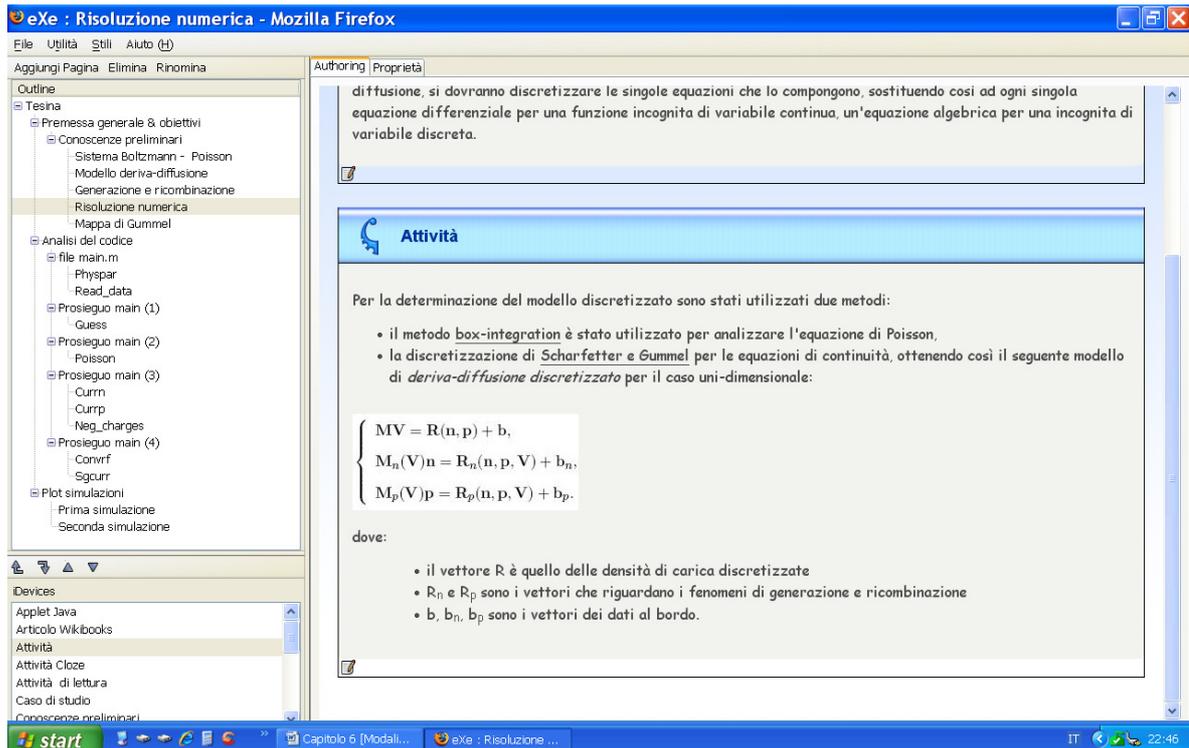
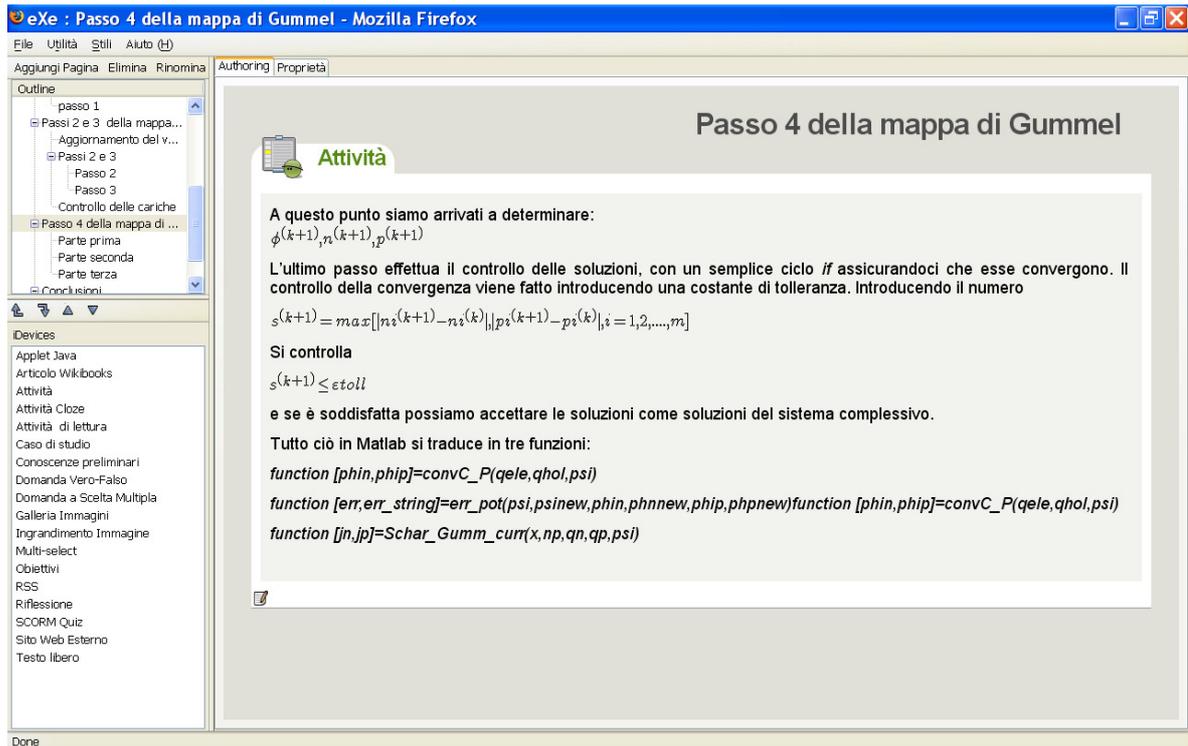


Figura 25: Pagina del progetto in cui compare l'uso dello strumento "Attività".

Dato che in questo progetto lo studente non ha inserito i codici Matlab usati, riportiamo la parte dedicata alla descrizione del codice attraverso un altro progetto dell'A.A. 2007/2008, (vedi figure 26 e 27). Lo studente delinea la parte del percorso didattico relativa al codice di simulazione effettuando una distinzione degli stili di scrittura: la spiegazione è sviluppata con il carattere in modalità normale, invece le formule e il codice vengono rappresentati in corsivo. Questa distinzione è un aspetto utile della trattazione in quanto ne rende più agevole la lettura e la comprensione.



Passo 4 della mappa di Gummel

Attività

A questo punto siamo arrivati a determinare:

$$\phi^{(k+1)}, n^{(k+1)}, p^{(k+1)}$$

L'ultimo passo effettua il controllo delle soluzioni, con un semplice ciclo *if* assicurandoci che esse convergono. Il controllo della convergenza viene fatto introducendo una costante di tolleranza. Introducendo il numero

$$s^{(k+1)} = \max[n_i^{(k+1)} - n_i^{(k)}, |p_i^{(k+1)} - p_i^{(k)}|, i = 1, 2, \dots, m]$$

Si controlla

$$s^{(k+1)} \leq \epsilon_{toll}$$

e se è soddisfatta possiamo accettare le soluzioni come soluzioni del sistema complessivo.

Tutto ciò in Matlab si traduce in tre funzioni:

```
function [phin, phip]=convC_P(qele, qhol, psi)
function [err, err_string]=err_pot(psi, psinew, phin, phnnew, phip, phpnew)
function [jin, jp]=Schar_Gumm_curr(x, np, qn, qp, psi)
```

Figura 26: Lo studente descrive la matematica che sta alla base della simulazione e di seguito spiega come tutto ciò si traduca nel linguaggio Matlab.



Parte prima

Attività

La prima funzione è la seguente:

```
function [phin, phip]=convC_P(qele, qhol, psi);
```

Questa funzione va a cercare le cariche degli elettroni e delle lacune che sono inferiori al valore della carica elementare e le forza al valore di quest ultimo, per poi poter calcolare il quasi livello di Fermi usando le seguenti relazioni:

$$\mu_c = \mu_i + KBT \ln(nc / ni)$$

$$\mu_v = \mu_i - KBT \ln(pv / ni)$$

dove $n_i = q \cdot n_{intr}$

Il codice Matlab usato per fare questa conversione è il seguente:

```
% lacune
small = find(qhol < 1.602e-19);
qhol(small) = 1.602e-19;
phip = psi + Pt*log(qhol/qnintr);
% Elettroni
small = find(qele < 1.602e-19);
qele(small) = 1.602e-19;
phin = psi - Pt*log(qele/qmintr);
```

Figura 27: Lo studente descrive la matematica che sta alla base della simulazione e di seguito spiega come tutto ciò si traduca nel codice Matlab.

5.3.7 Risultati

In seguito alla prima sperimentazione abbiamo ottenuto 23 progetti con i seguenti titoli:

- Simulazione di un diodo uni-dimensionale descritto dalle equazioni di deriva-diffusione.
- Descrizione del codice Matlab utilizzato per risolvere il sistema deriva-diffusione unidimensionale (1D) (*2 progetti*).
- Studio di un metodo di risoluzione numerico per il modello di drift diffusion implementato in ambiente Matlab per una giunzione P-N basata sulla mappa di Gummel.
- Analisi e simulazione di una giunzione P-N unidimensionale descritta da equazioni di deriva-diffusione.
- Simulazione di un diodo uni-dimensionale descritto dalle equazioni di deriva-diffusione.
- Simulazione numerica di un diodo unidimensionale.
- Progetto di modellistica dei dispositivi a semiconduttori.
- Risoluzione numerica del modello Drift-Diffusion per una giunzione P-N.
- Risoluzione numerica del modello Drift-Diffusion per semiconduttori.
- Studio di una giunzione P-N simmetrica.
- Analisi in regime stazionario e tempo variante.
- Simulazione di un diodo uni-dimensionale descritto dalle equazioni di deriva-diffusione.
- Dispositivi a una o più giunzioni: dipendenza da geometria e discretizzazione.
- Analisi e simulazione di un diodo monodimensionale.
- Simulazione numerica di un dispositivo a semiconduttore.
- Simulazione di un diodo uni-dimensionale descritto dalle equazioni di deriva-diffusione (*5 progetti*).
- Analisi e simulazione di una giunzione P-N unidimensionale descritta da equazioni di deriva-diffusione (*2 progetti*).

Applicando i criteri di valutazione citati in precedenza, abbiamo ottenuto i risultati riportati nelle tabelle 6 e 7 e visualizzati nei grafici delle figure 28 e 29.

	0 punti		0.5 punti		1 punto	
	frequenza	Percentuale	frequenza	percentuale	frequenza	percentuale
Caratteristiche di contenuto	6	26%	16	70%	1	4%
Caratteristiche didattiche	17	74%	6	26%	0	0%
Caratteristiche strutturali	8	35%	14	61%	1	4%
Ordine nell'esposizione	7	30%	7	30%	9	40%

Tabella 6: Frequenze e percentuali dei punteggi parziali ottenuti in seguito alla valutazione.

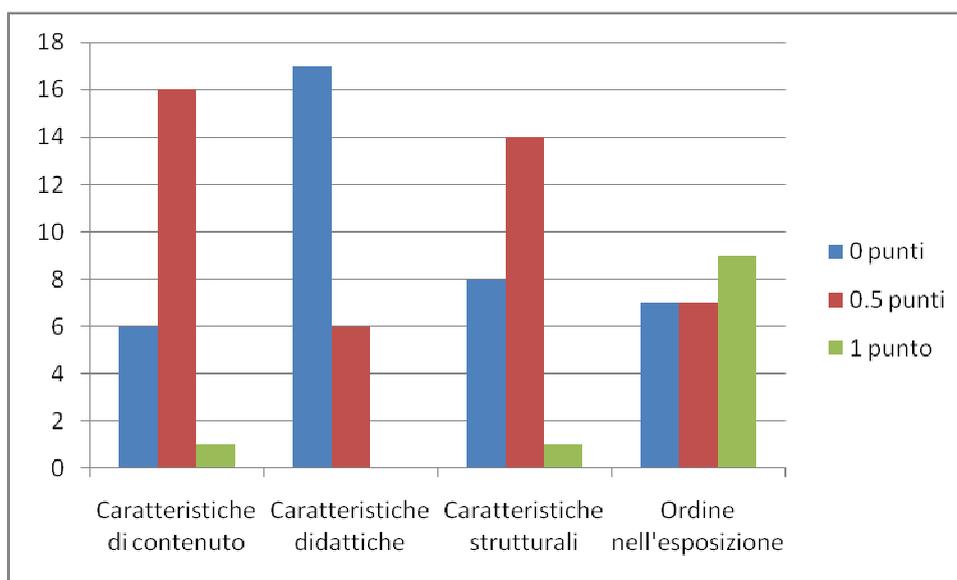


Figura 28: Grafico relativo ai dati della tabella 6.

	0 punti	0.5 punti	1 punto	1.5 punti	2 punti	2.5 punti
TOTALE	4	1	5	2	7	4
TOTALE in percentuale	17%	4%	22%	9%	31%	17%

Tabella 7: Frequenze e percentuali dei punteggi totali ottenuti in seguito alla valutazione.

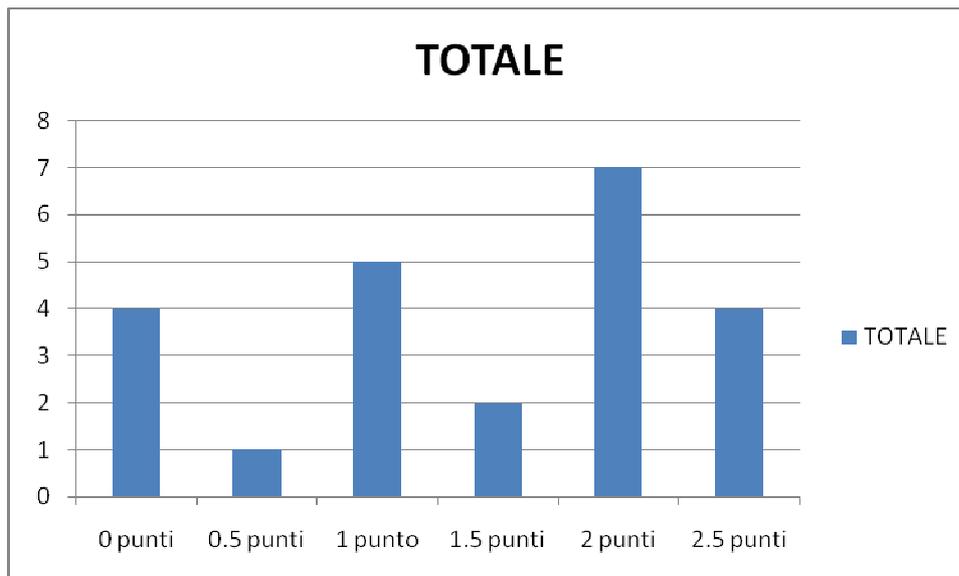


Figura 29: Grafico relativo ai dati della tabella 7.

Dai dati della tabella 6 emerge che la maggior parte del punteggio nullo è stata riportata nella valutazione delle caratteristiche didattiche, invece la maggioranza del punteggio massimo (1) si ha per l'ordine nell'esposizione.

In generale, dai dati della tabella 7, si ricava che la media della valutazione complessiva è pari a 1.413043 e il punteggio finale che ottiene la frequenza più elevata è 2.

5.3.8 Analisi dei risultati

I risultati ottenuti in tale sperimentazione hanno messo in evidenza diverse note positive, come il consolidamento delle competenze, una collaborazione produttiva ed organizzata, il miglioramento delle capacità comunicative e l'incremento della motivazione. Tuttavia, per quanto riguarda l'obiettivo della ricerca, è emersa una difficoltà sostanziale da parte degli studenti, i quali hanno prodotto del materiale non riutilizzabile per un eventuale corso eLearning [72]. Ogni progetto necessitava di importanti revisioni da parte del docente per carenze di tipo strutturale, ma soprattutto a causa della mancanza di riferimenti di carattere didattico, i lavori prodotti non possiedono chiari riferimenti a conoscenze pregresse, lasciano diversi concetti come argomenti noti al lettore senza offrire riferimenti opportuni e i

contenuti sono trattati in modo poco ordinato, (non è messo in evidenza il concetto fondamentale e i test di autoverifica non seguono una tipologia definita, in quanto vi sono domande vero/falso messe insieme a domande a risposta multipla e a test SCORM; inoltre le domande a risposta multipla non possiedono tutte lo stesso numero di opzioni). Analizzando i progetti ci si è resi conto delle difficoltà metodologiche degli studenti. In particolare, provenendo in maggioranza da scuole tecnico-scientifiche, non sono riusciti a costruire del materiale propriamente “didattico”. Infatti, le maggiori carenze che si sono evidenziate riguardano l’uso dei termini didattici e l’uso di un linguaggio chiaro. I progetti risultano validi dal punto di vista dei contenuti espressi, ma non adoperabili per la formazione di altri studenti.

Analizzando i risultati ottenuti, per ogni aspetto valutato sono emerse le percentuali di successo evidenziate nella tabella 8:

Abilità di comunicare i concetti in modo chiaro	Abilità nell’usare un idoneo linguaggio scientifico usando la terminologia didattica	Applicazione delle linee guida per la creazione dei contenuti didattici usando una sequenza corretta nell’introduzione dei concetti	Ordine espositivo nell’uso dei caratteri e nell’inserimento delle immagini
39%	13%	35%	54%

Tabella 8: Percentuali di successo ottenute per ogni aspetto dei contenuti valutato.

Analizzando i dati si evidenzia che le maggiori difficoltà riscontrate dagli studenti riguardano le caratteristiche didattiche e quelle strutturali, infatti per tali indicatori la percentuale di successo è più bassa (13% e 35%). Invece, per quanto riguarda le caratteristiche di contenuto e l’ordine nell’esposizione le percentuali di successo

sono più elevate (39% e 54%). Ciò indica che gli studenti hanno elaborato del materiale valido dal punto di vista dei contenuti e hanno esposto gli argomenti in modo ordinato sia nell'uso dei caratteri che nell'inserimento delle immagini.

5.4 Seconda sperimentazione

5.4.1 Introduzione

L'obiettivo della prima sperimentazione è stato quello di far creare agli studenti dei contenuti in cui le simulazioni numeriche rappresentassero lo strumento didattico con il quale chiarire e consolidare le conoscenze. I risultati ottenuti hanno evidenziato la possibilità di coinvolgere gli studenti nella pratica di creazione di materiali didattici. Per tale ragione, con la seconda sperimentazione si è pensato di focalizzare maggiormente l'attenzione sulla creazione dei contenuti tentando di realizzare un corso di eLearning con il materiale prodotto dagli studenti.

5.4.2 Soggetti

Hanno partecipato alla ricerca 20 studenti frequentanti il corso di "Modellistica dei dispositivi a semiconduttore" (Docente: Prof. Giuseppe Ali) della Facoltà di Ingegneria dell'Università della Calabria, A.A. 2008/2009. Le lezioni sono state seguite da studenti del secondo anno del Corso di laurea specialistica in Ingegneria Elettronica, provenienti da una formazione scolastica eterogenea, la maggioranza di tipo tecnico-scientifico. Gli studenti hanno lavorato in gruppi da 2 o 3, formando 9 gruppi di lavoro e interagendo in presenza e a distanza, sia in modalità sincrona che asincrona; anche in questo caso hanno seguito le lezioni garantendo una presenza costante e interagendo con il docente attraverso domande di chiarimento e osservazioni.

5.4.3 Materiali

Come nell'anno precedente, i materiali didattici sono stati creati usando il software open-source eXe-Learning, sono stati utilizzati i software di simulazione Matlab e Octave e gli studenti hanno usufruito di un codice fornito dal Prof. Micheletti del Politecnico di Milano. Le lezioni create sono state poi inserite all'interno della piattaforma di eLearning ICampus della Facoltà di Ingegneria dell'Università della Calabria, formando un percorso di eLearning corrispondente alle lezioni in presenza. In totale sono stati realizzati 9 progetti, sebbene alcuni argomenti siano rimasti non trattati.

5.4.4 Metodo

La sperimentazione è stata condotta nell'Anno Accademico 2008/2009. Prima dell'inizio delle attività didattiche il docente ha inserito la struttura del corso all'interno della piattaforma Claroline, in particolare ha messo a conoscenza gli studenti del programma preventivo e delle modalità di valutazione e ha fornito delle dispense sui contenuti del corso. La metodologia didattica adottata dal docente del corso è stata quella frontale per un totale di 48 ore di lezioni. I criteri di valutazione del corso prevedevano, come per l'anno precedente, l'esame finale e la stesura di un progetto di gruppo. A differenza dell'anno precedente, in questo caso non vi sono stati studenti che hanno lavorato singolarmente.

In questo secondo tentativo, invece di assegnare il medesimo progetto a tutti i gruppi di lavoro e di richiedere una rielaborazione personale del codice di simulazione, il programma del corso è stato suddiviso in moduli e ogni gruppo di studenti ne ha scelto uno da sviluppare come se dovesse creare una lezione didattica. All'interno di tali trattazioni alcuni studenti hanno inserito delle simulazioni utili per far comprendere meglio l'argomento trattato. In totale sono stati realizzati 9 progetti erogati successivamente tramite la piattaforma eLearning della Facoltà di Ingegneria agli studenti dell'A.A. 2009/2010. Il compito dei soggetti consisteva nel rielaborare e/o approfondire i contenuti trattati durante le lezioni, personalizzando l'esposizione

e utilizzando l'editor eXe-Learning per la stesura del progetto. Per la realizzazione dei moduli erano necessarie conoscenze proprie della disciplina e competenze informatiche mirate all'utilizzo dei software di simulazione. Nell'ambito di questa seconda sperimentazione si è pensato di offrire agli studenti un aiuto più concreto, dedicando una delle lezioni alla spiegazione di come affrontare la stesura del progetto dal punto di vista didattico, in modo da colmare le lacune evidenziate nella precedente sperimentazione. Quindi la funzione del tutor è stata ampliata, in quanto non si è occupato solo degli aspetti tecnici, ma anche degli aspetti espositivi e didattici. Agli studenti è stato fornito uno schema guida da seguire, con le diverse voci didattiche da inserire e un background di conoscenze basilari di carattere didattico. L'iter di realizzazione dei progetti è il medesimo della prima sperimentazione (vedi figura 22).

5.4.5 Organizzazione dei progetti

Dopo aver fornito l'elenco degli argomenti proposti, abbiamo presentato agli studenti il modello da seguire per l'esposizione; in particolare è stato proposto il seguente schema guida [6]:

- Pagina iniziale
- Descrizione del progetto (*Obiettivi*)
- *Conoscenze preliminari*
 - ✓ Approfondimenti
- Nucleo del progetto (*Contenuti*)
- Osservazioni e conclusioni
- *Autoverifica* (Utilizzando tutte le tipologie di verifica possibili: Domanda vero-falso; Domanda a scelta multipla; Multi-select; SCORM Quiz)
- *Bibliografia*

Oltre a fornire il suddetto modello e alcuni concetti didattici di base, abbiamo richiesto che i soggetti elaborassero i contenuti secondo le seguenti caratteristiche:

- **DI CONTENUTO:** ogni progetto deve poter essere utilizzato per la formazione online di altri studenti non competenti in materia, quindi gli argomenti devono essere sviluppati in modo chiaro e comprensibile.
- **DIDATTICHE:** ogni progetto deve possedere le seguenti voci di carattere didattico: *obiettivi, conoscenze preliminari, contenuti, autoverifica, bibliografia.*
- **STRUTTURALI:** occorre utilizzare, quando necessario, delle ramificazioni ad albero coerenti:

Argomento

└──

Sezione

└──

Unità

5.4.6 Metodologia di valutazione dei progetti

Come per l'anno precedente, la stesura del progetto è stata oggetto di valutazione da parte del docente. A chiusura del corso ogni studente è stato valutato attraverso un colloquio orale, accompagnato dalla discussione del lavoro di gruppo svolto e il voto finale è stato ricavato dando un peso del 70% al colloquio e del 30% all'elaborato.

I singoli progetti sono stati valutati applicando i criteri delle griglie di valutazione utilizzati l'anno precedente.

5.4.7 Esempi di progetti

Prendiamo in esame uno dei progetti realizzati nell'A.A. 2008/2009, di cui riportiamo la visualizzazione della pagina iniziale in formato .exe nella figura 30.

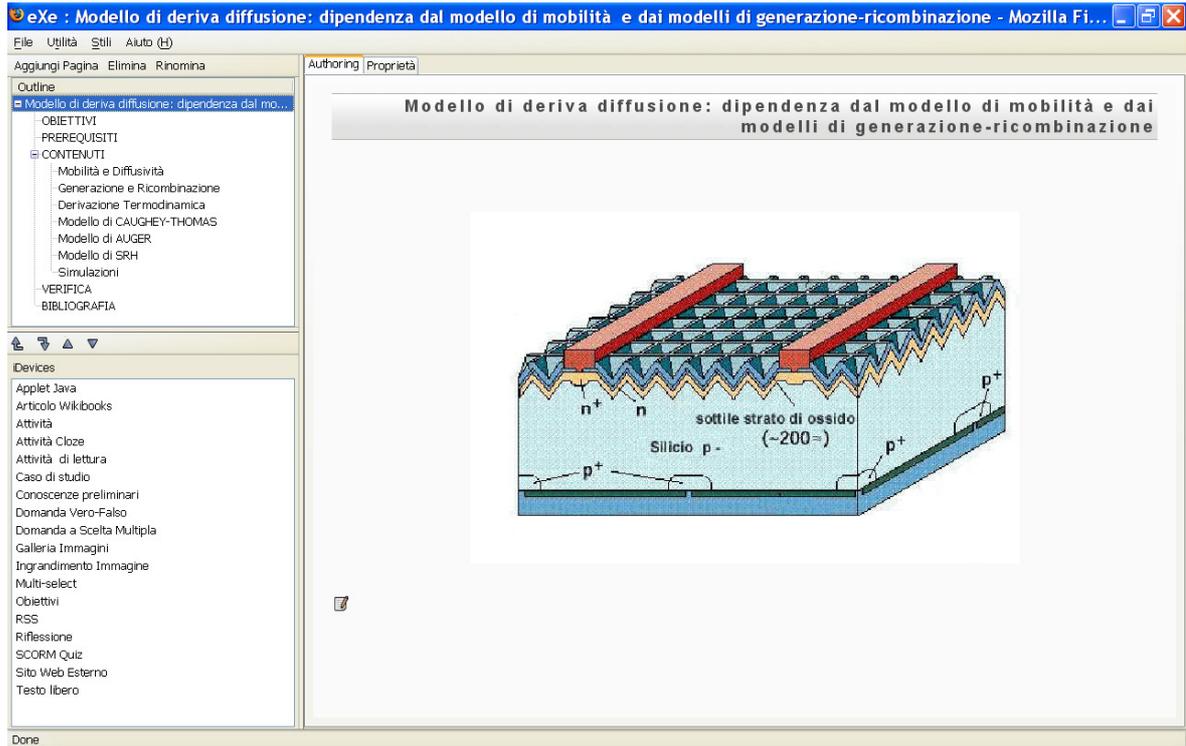


Figura 30: Progetto in formato .exe: nel frame in alto a sinistra troviamo la struttura dell'esposizione, organizzata in sezioni e sottosezioni; nel frame di destra compare la pagina iniziale.

Dall'analisi del frame in cui si trova la struttura del progetto (in alto a sinistra) vediamo che lo studente ha utilizzato tutte le voci di carattere didattico (obiettivi, prerequisiti, contenuti, verifica e bibliografia). I contenuti sono organizzati in sezioni.

Nella sezione dedicata alle simulazioni ha inserito le immagini prodotte dalle simulazioni effettuate con il codice Matlab, nella figura 31 riportiamo alcune di queste immagini.

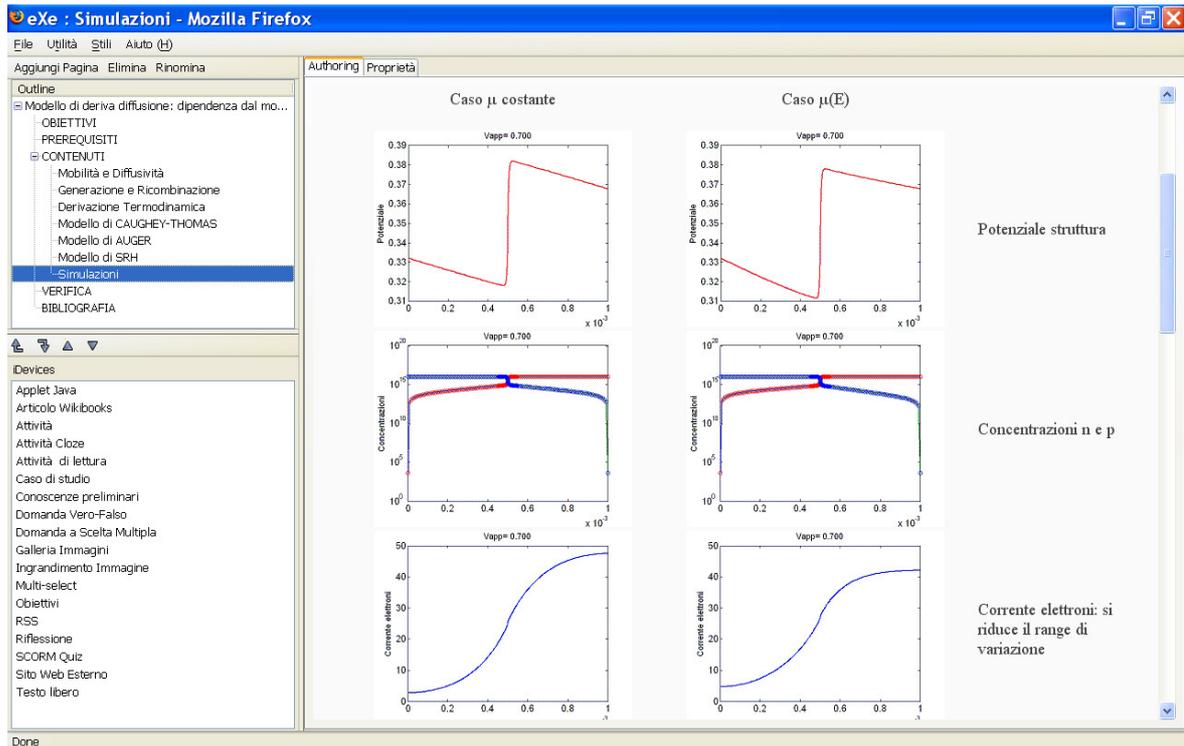


Figura 31: Sezione del progetto dedicata alla visualizzazione delle simulazioni effettuate con Matlab.

Effettuando un confronto con la galleria delle immagini del progetto dell'A.A. 2007/2008 notiamo come nel progetto dell'A.A. 2008/2009, a differenza del precedente, lo studente abbia avuto l'accortezza di inserire delle immagini più nitide.

Nella figura 32 riportiamo la sezione dedicata al test di autoverifica, costruito utilizzando la tipologia SCORM.

Un quiz SCORM offre come feedback finale la percentuale di risposte esatte, senza specificare quale sia giusta e quale errata; in tal modo lo studente è portato a rivedere tutta la serie di domande.

Invece, se si usa ad esempio un test con domanda a scelta multipla, il feedback produce una verifica per ogni singola risposta; in seguito a tale feedback lo studente è portato a rivedere solo le domande che ha sbagliato.

Dal punto di vista formativo l'autovalutazione più efficace è proprio quella effettuata tramite un test SCORM, in quanto spinge lo studente a rivedere tutti i concetti studiati.

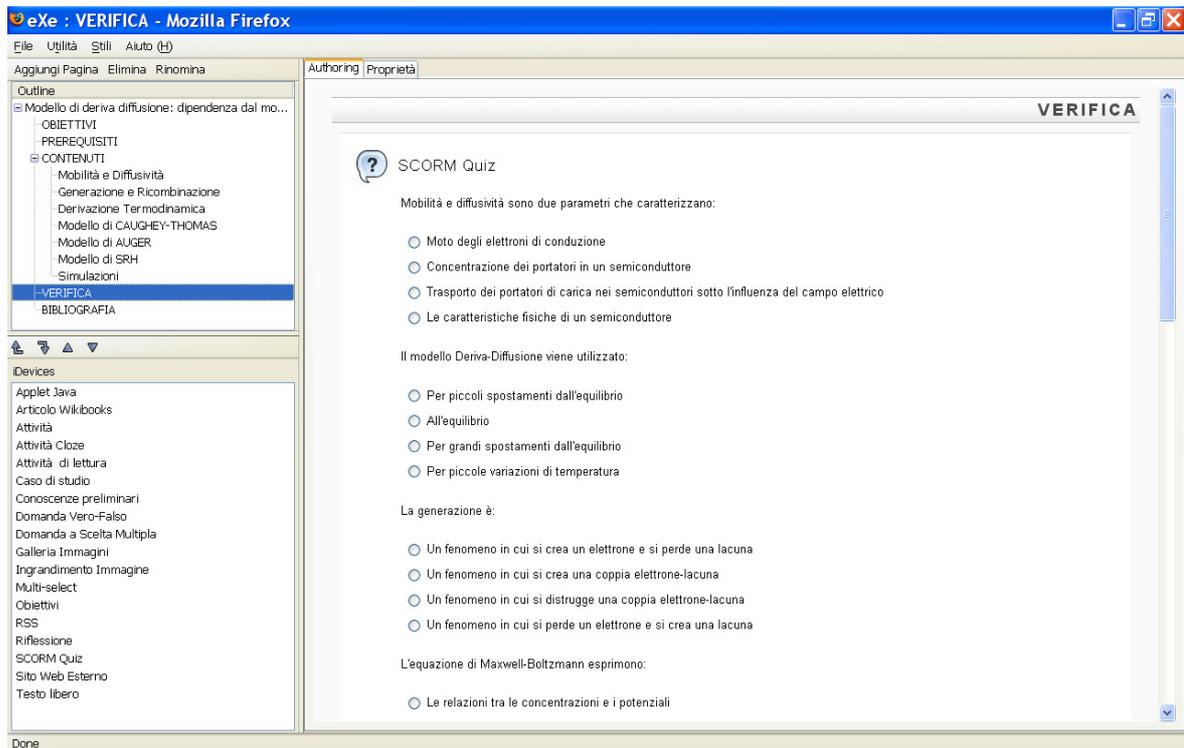


Figura 32: Test di autoverifica del tipo SCORM

Nella figura 33 troviamo la sezione della bibliografia, lo studente in questo caso non ha svolto un compito adeguato in quanto non specifica le fonti utilizzate, ma nomina soltanto la tipologia delle fonti (dispense, appunti, libro, ecc.).

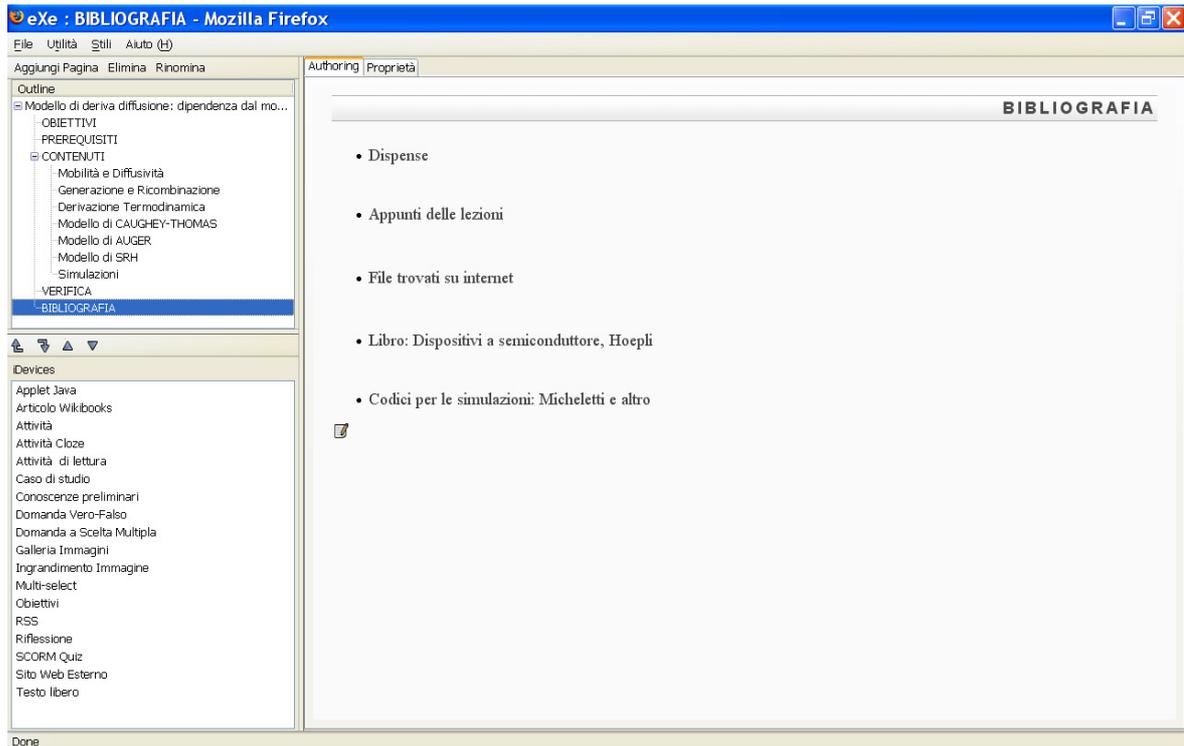


Figura 33: Sezione della bibliografia.

Effettuando un'analisi critica del progetto, troviamo i seguenti fattori positivi:

- Stesura ordinata: lo studente organizza i contenuti utilizzando sezioni e sottosezioni coerenti;
- La sezione dei prerequisiti è sviluppata in modo adeguato;
- Utilizza tutte le voci di carattere didattico in modo coerente;
- Le immagini inserite hanno una dimensione giusta che consente una visualizzazione chiara;
- Il test di autoverifica è costruito utilizzando la tipologia SCORM (la più utile dal punto di vista formativo).

Tra i fattori negativi abbiamo:

- Il linguaggio usato spesso non è sufficientemente chiaro e preciso, a tal proposito riportiamo quanto ha scritto lo studente nella sezione “Simulazioni”:

“La simulazione del modello deriva-diffusione è stata fatta tramite software, quale Matlab, utilizzando il codice di Micheletti, in cui si è simulato il modello generazione-ricombinazione di SRH con e senza la dipendenza della

mobilità dal campo elettrico, modello di Caughey-Thomas, e un altro codice che ci ha permesso di simulare sia il modello di SRH che il modello di Auger, considerando la mobilità costante”;

Di seguito proponiamo gli stessi concetti sviluppati in modo differente:

“Per effettuare la simulazione del modello deriva-diffusione è stato utilizzato il software Matlab, usando due diversi codici. Con il codice del Prof. Micheletti si sono effettuate simulazioni con generazione-ricombinazione di SRH, assumendo sia mobilità costante che mobilità dipendente dal campo elettrico (modello di Caughey-Thomas). Con un altro codice si sono effettuate simulazioni sia con il modello di generazione-ricombinazione di SRH che con quello di Auger, assumendo mobilità costante.”

- La visualizzazione dell'intero progetto in generale non è ottimale in quanto ogni pagina ha una lunghezza che supera le dimensioni dello schermo;
- Il carattere usato e le relative dimensioni non sono le stesse per tutta la stesura del progetto.
- La sezione bibliografia non è costruita bene.

Infine, nella figura 34, troviamo la visualizzazione di una sezione del modulo ottenuto da questo progetto sulla piattaforma ICampus dell'Università della Calabria.

Figura 34: Visualizzazione sulla piattaforma ICampus del modulo “Modello di deriva diffusione: dipendenza dal modello di mobilità e dai modelli di generazione-ricombinazione”.

5.4.8 Risultati

In seguito alla seconda sperimentazione abbiamo ottenuto 9 progetti con i seguenti titoli:

- Fisica di un semiconduttore in equilibrio ed equazione di Poisson non lineare.
- Modello di deriva-diffusione: caso stazionario e caratteristica IV.
- Modello di deriva-diffusione: caso dipendente dal tempo e analisi di piccolo segnale.
- Modello di deriva-diffusione: caso dipendente dal tempo ed effetto della ionizzazione da impatto.
- Modello di deriva diffusione: dipendenza dal modello di mobilità e dai modelli di generazione-ricombinazione.
- Equazione semiclassica di Boltzmann e metodo Monte Carlo.
- Modello di deriva diffusione con correzione quantistica.

- Metodi numerici: differenze finite (box integration method).
- Metodi numerici: risoluzione numerica di un'equazione algebrica non lineare (metodo di Newton con damping).

Applicando i criteri di valutazione citati in precedenza, abbiamo ottenuto i risultati riportati nelle tabelle 9 e 10 e visualizzati nei grafici delle figure 35 e 36.

	0 punti		0.5 punti		1 punto	
	frequenza	percentuale	frequenza	percentuale	frequenza	percentuale
Caratteristiche di contenuto	0	0%	5	56%	4	44%
Caratteristiche didattiche	0	0%	2	22%	7	78%
Caratteristiche strutturali	0	0%	2	22%	7	78%
Ordine nell'esposizione	0	0%	4	44%	5	56%

Tabella 9: Frequenze e percentuali dei punteggi parziali ottenuti in seguito alla valutazione.

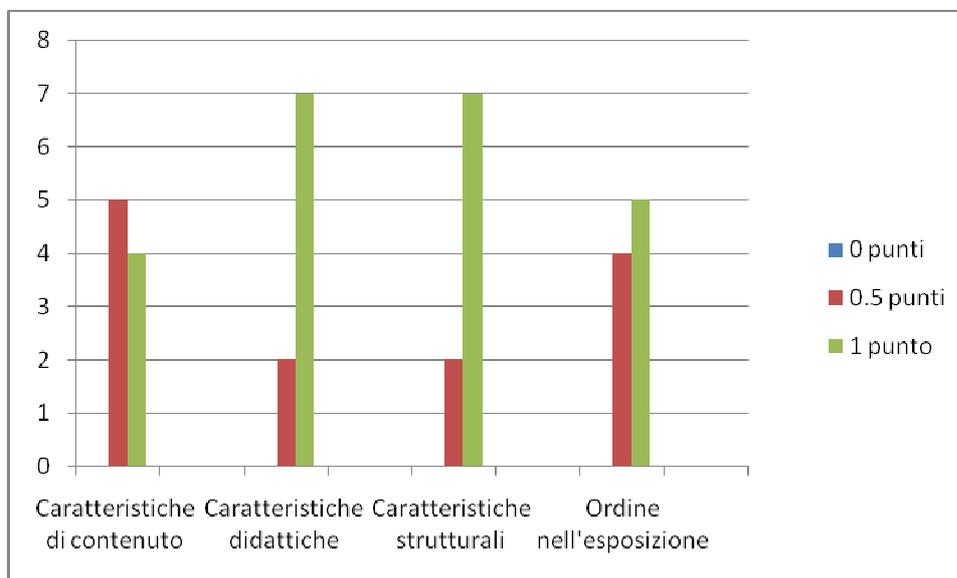


Figura 35: Grafico relativo ai dati della tabella 9.

	2 punti	2.5 punti	3 punti	3.5 punti	4 punti
TOTALE	1	1	1	4	2
TOTALE in percentuale	11%	11%	11%	45%	22%

Tabella 10: Frequenze e percentuali dei punteggi totali ottenuti in seguito alla valutazione.

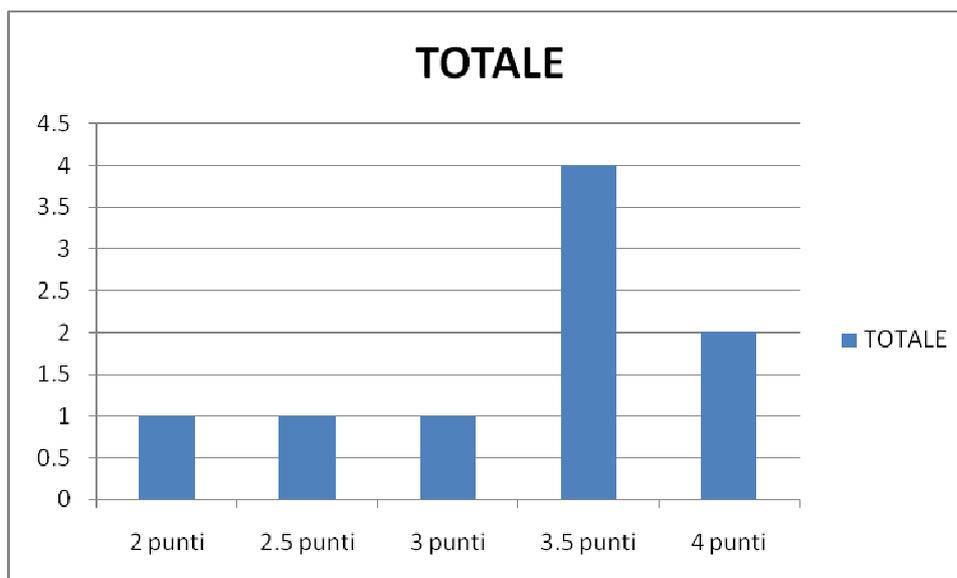


Figura 36: Grafico relativo ai dati della tabella 10.

Dai dati della tabella 9 emerge che la maggior parte del punteggio massimo (1) è stata riportata nella valutazione delle caratteristiche didattiche e strutturali, inoltre non vi sono valutazioni che hanno riportato un punteggio nullo.

In generale, come si evince dalla tabella 10, la media della valutazione complessiva è pari a 3.277778 e il punteggio finale che ottiene la frequenza più elevata è 3.5.

5.4.9 Analisi dei risultati

I risultati della seconda sperimentazione dimostrano un netto miglioramento sia in capacità di esposizione che in ordine di trattazione. Gli studenti hanno utilizzato i termini didattici in modo coerente e anche le ramificazioni inserite risultano ponderate. Grazie alla lezione dedicata a fornire istruzioni dettagliate abbiamo

ottenuto una certa uniformità nello stile di scrittura dei progetti, rendendone il contenuto utilizzabile per creare un unico corso di eLearning [6].

Analizzando i risultati ottenuti, per ogni aspetto valutato sono emerse le percentuali evidenziate nella tabella 11:

Abilità di comunicare i concetti in modo chiaro	Abilità nell'usare un idoneo linguaggio scientifico usando la terminologia didattica	Applicazione delle linee guida per la creazione dei contenuti didattici usando una sequenza corretta nell'introduzione dei concetti	Ordine espositivo nell'uso dei caratteri e nell'inserimento delle immagini
72%	89%	89%	78%

Tabella 11: Percentuali di successo ottenute per ogni aspetto dei contenuti valutato.

Analizzando le percentuali di successo si nota che il risultato ottenuto è molto buono in quanto per ogni indicatore le percentuali di successo sono comprese tra 72% e 89%. In particolare si evidenzia come le aree di valutazione in cui gli studenti hanno raggiunto il punteggio più elevato sono quelle relative all'uso della terminologia didattica e all'applicazione di un'adeguata struttura sequenziale degli argomenti.

5.5 Comparazione delle sperimentazioni e valutazione della ricerca

Per verificare l'efficacia del nuovo approccio, cioè il vantaggio ottenuto dall'aver fornito conoscenze didattiche e uno schema da seguire, abbiamo valutato i progetti dei due anni accademici con la medesima griglia di valutazione. Abbiamo considerato gli studenti dell'A.A. 2007/2008 come gruppo di controllo (23 unità) e gli studenti dell'A.A. 2008/2009 come gruppo sperimentale (9 unità).

Nelle figure 37 e 38 sono stati riportati i grafici delle valutazioni dei progetti, suddivise per sperimentazione.

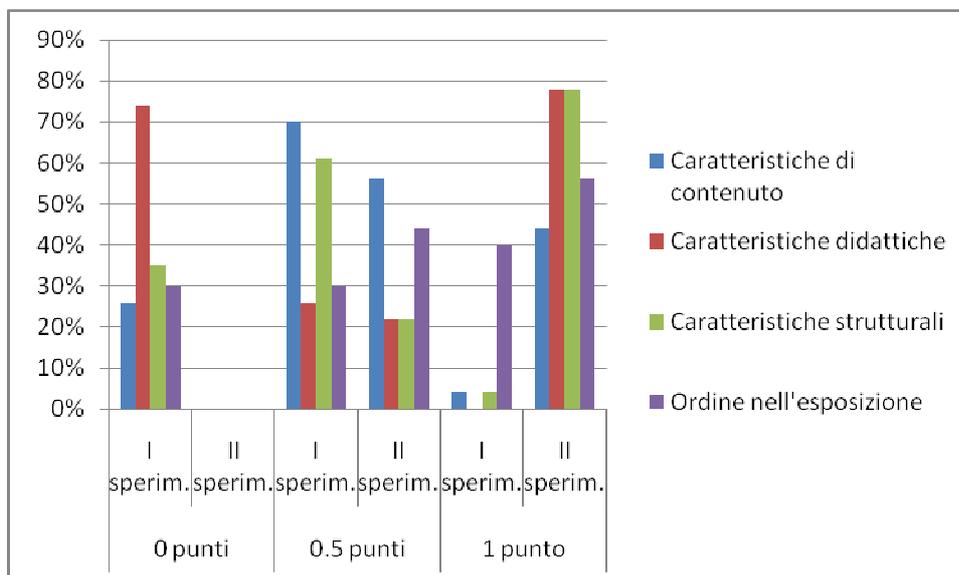


Figura 37: Grafico dei punteggi delle due sperimentazioni per ogni indicatore.

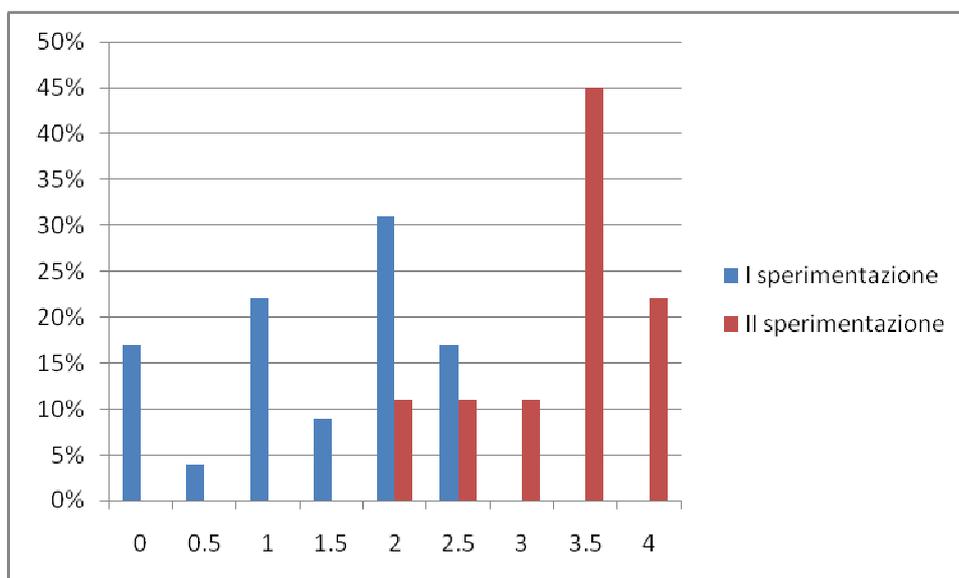


Figura 38: Grafico dei punteggi totali delle due sperimentazioni.

Osservando i grafici precedenti si nota come nella seconda sperimentazione le valutazioni relative ad ogni indicatore siano nettamente superiori alle corrispondenti della prima sperimentazione. Per quanto riguarda il punteggio totale abbiamo

ottenuto che per la prima sperimentazione i voti sono compresi tra 0 e 2.5, invece, per la seconda sperimentazione il punteggio minimo è 2 e il punteggio massimo è 4. Possiamo commentare questi dati affermando che gli studenti dell'A.A. 2008/2009 hanno effettuato un salto di qualità in quanto il range di riferimento della valutazione è cambiato passando da 0-2.5 a 2-4.

Effettuando un'analisi statistica più dettagliata, confrontiamo le medie delle valutazioni dei progetti con il test T di Student per verificarne la significatività.

Nel nostro caso si ha che con $M_1=1.413043$ e $M_2=3.277778$ (g.d.l.=30) otteniamo $T=5.754$. Confrontando il valore di T con il valore critico 1.697 relativo a 30 g.d.l. per $P<0.05$ otteniamo $5.754>1.697$. Possiamo quindi rifiutare l'ipotesi nulla, cioè che la differenza sia dovuta al caso, e accettare l'ipotesi secondo la quale la differenza tra le due medie sia dovuta ai cambiamenti operati nell'effettuare la seconda sperimentazione. In particolare vi è una probabilità inferiore al 5% che la differenza tra le medie sia dovuta alla casualità.

Visto il valore trovato di T, possiamo confrontarlo anche con il valore critico 3.384 relativo a 30 g.d.l. per $P<0.001$, infatti: $5.754>3.384$. Quindi la probabilità che la differenza tra le medie sia dovuta al caso è addirittura inferiore allo 0.1%.

Da tale analisi statistica concludiamo che i dati relativi alle sperimentazioni sono attendibili.

L'analisi dei risultati evidenzia la netta differenza fra i due gruppi di progetti e dal confronto si può affermare che la creazione di materiale eLearning da parte degli studenti è una strategia da prendere in considerazione, a condizione che agli studenti vengano forniti alcuni criteri metodologici che guidino la creazione. E' necessario fornire agli studenti un background sufficiente di conoscenze didattiche e una struttura di base standard in modo da rendere possibile una stesura di contenuti dediti alla formazione di terzi.

I moduli didattici ottenuti nell'A.A. 2008/2009 sono stati inseriti all'interno della piattaforma ICampus dell'Università della Calabria. Un'ulteriore conferma della spendibilità del materiale prodotto è stata ottenuta dal riscontro degli studenti dell'A.A. 2009/2010, i quali hanno utilizzato tale materiale nell'ambito del medesimo corso della Facoltà di Ingegneria (sviluppato in modalità blended) e

hanno lavorato ai moduli mancanti seguendo la procedura già utilizzata l'anno precedente, completando la struttura online del corso di "Modellistica dei dispositivi a semiconduttore".

Nella tabella 12 riportiamo una sintesi e un confronto dei vantaggi e degli svantaggi ottenuti nelle due sperimentazioni [6].

	Prima sperimentazione	Seconda sperimentazione
VANTAGGI	<ul style="list-style-type: none"> • Miglioramento dell'apprendimento • Collaborazione produttiva e organizzata • Miglioramento delle abilità comunicative 	<ul style="list-style-type: none"> • Miglioramento dell'apprendimento • Collaborazione produttiva e organizzata • Miglioramento delle abilità comunicative • Miglioramento dell'esposizione • Materiale prodotto direttamente utilizzabile
SVANTAGGI	<ul style="list-style-type: none"> • Necessità di modifiche e correzioni prima dell'inserimento dei contenuti in una piattaforma eLearning 	

Tabella 12: Comparazione dei vantaggi e degli svantaggi delle due sperimentazioni.

5.6 Conclusioni

La ricerca effettuata ha dato una risposta alle seguenti domande:

- *E' possibile creare contenuti didattici per percorsi di eLearning coinvolgendo nella creazione studenti universitari?*

Abbiamo dimostrato che ciò è possibile a condizione che gli studenti vengano supportati in modo adeguato attraverso l'azione di un tutor tecnico-didattico.

A tal proposito già Matsumoto et al. [49] avevano evidenziato delle

differenze tra una creazione di contenuti in cui lo studente opera in autonomia e una creazione guidata dal docente.

- *Gli studenti sono in grado di comunicare utilizzando un linguaggio appropriato?*

La difficoltà degli studenti non riguarda l'uso della terminologia propria della disciplina, bensì lo stile di scrittura. Quindi, anche se il risultato non è ottimale dal punto di vista linguistico, possiamo affermare che i concetti vengono espressi in modo corretto.

- *La realizzazione di tali contenuti può essere utilizzata come strumento di valutazione dell'apprendimento degli studenti?*

Nell'ambito delle sperimentazioni effettuate, gli studenti sono stati valutati per il 30% attraverso il lavoro di progetto.

Negli sviluppi futuri prevediamo di concentrare maggiormente l'attenzione sull'aspetto dell'apprendimento, effettuando un'analisi delle differenze in termini di apprendimento tra studenti impegnati in progetti di creazione di contenuti didattici e studenti istruiti in modo tradizionale.

Conclusione

L'obiettivo perseguito nel corso della ricerca effettuata è stato quello di verificare la possibilità di far creare agli studenti contenuti didattici per realizzare percorsi di eLearning, inerenti argomenti di matematica applicata alla microelettronica.

La motivazione alla base dell'idea sviluppata consiste nel tentativo di voler contribuire a risolvere i problemi legati alla creazione di contenuti per l'eLearning. Infatti, la realizzazione di corsi da erogare attraverso tale metodologia, comporta una serie di difficoltà come la necessità di tempi lunghi per l'attuazione e l'esigenza di usufruire di supporti economici per coprire i costi di produzione.

La ricerca si è esplicata attraverso lo svolgimento di due sperimentazioni effettuate nell'ambito del corso "Modellistica dei dispositivi a semiconduttore" (II anno Laurea Specialistica in Ingegneria Elettronica) presso l'Università della Calabria, rispettivamente negli anni accademici 2007/2008 e 2008/2009.

Nella prima sperimentazione gli studenti hanno elaborato dei progetti di gruppo con l'obiettivo di creare dei contenuti spendibili per la formazione di terzi. In particolare, nell'ambito di tali progetti risulta rilevante il ruolo didattico svolto dalle simulazioni numeriche.

Tali progetti, sviluppati con l'utilizzo dell'editor eXe-Learning, contengono una rielaborazione personale o approfondimenti di argomenti trattati durante le lezioni e la rielaborazione di un codice di simulazione, personalizzata tramite opportune modifiche apportate a un codice fornito dal docente.

I risultati, emersi dall'analisi di quanto prodotto dagli studenti, evidenziano i seguenti fattori positivi: il miglioramento dell'apprendimento, l'instaurazione di una collaborazione produttiva e organizzata e il miglioramento delle abilità comunicative.

Purtroppo, da tale primo tentativo sono scaturiti anche degli svantaggi che riguardano la produzione del materiale. In particolare i progetti realizzati, pur essendo validi dal punto di vista dei contenuti, presentano delle carenze strutturali e didattiche che non ne consentono l'utilizzo nell'ambito di un percorso di eLearning.

Nella progettazione della seconda sperimentazione, focalizzando maggiormente l'attenzione sull'obiettivo di creare contenuti di eLearning e tralasciando l'aspetto della rielaborazione del codice di simulazione, si è pensato di suddividere il programma del corso di "Modellistica dei dispositivi a semiconduttore" in moduli da assegnare agli studenti per la creazione dei corrispondenti materiali didattici da destinare al percorso eLearning.

In seguito ai risultati ottenuti con la prima sperimentazione, si è pensato di offrire agli studenti un aiuto più concreto per colmare le lacune di carattere strutturale e didattico, fornendo loro un background di conoscenze didattiche.

I risultati hanno dimostrato che questo secondo tentativo, oltre a evidenziare i medesimi fattori positivi dell'anno precedente, rileva il miglioramento dell'esposizione e la possibilità di utilizzare il materiale prodotto nell'ambito di un percorso di eLearning.

In seguito all'analisi e alla comparazione dei singoli risultati si può affermare che è possibile creare contenuti didattici per corsi di eLearning coinvolgendo gli studenti, a condizione che tali studenti vengano guidati e supportati adeguatamente. Inoltre, il lavoro svolto nel corso dell'elaborazione di tali contenuti è stato utilizzato per la valutazione degli studenti in sede d'esame; ciò dimostra come tale strategia didattica sia valida sia per la valutazione dell'apprendimento che per la possibilità che offre di coinvolgere gli studenti nella produzione di materiale didattico.

Successivamente alle sperimentazioni descritte in dettaglio in questa tesi, nell'A.A. 2009/2010 è stata avviata una terza sperimentazione sempre nell'ambito del corso di "Modellistica dei dispositivi a semiconduttore" della Facoltà di Ingegneria dell'Università della Calabria.

L'obiettivo consiste sempre nella creazione di materiale didattico per il percorso di eLearning relativo al corso di "Modellistica". Le differenze con la sperimentazione precedente riguardano la metodologia. Agli studenti è stato richiesto di completare

la produzione dei moduli eLearning svolgendo gli argomenti non ancora trattati, seguendo le indicazioni date nell'A.A. 2008/2009; ma oltre al lavoro di creazione, si è pensato di impegnare gli studenti in un lavoro di revisione del materiale prodotto l'anno precedente. In particolare, ogni gruppo di studenti, oltre ad occuparsi dello svolgimento di un modulo, ha effettuato una revisione di uno dei progetti realizzati nell'A.A. 2008/2009, apportando le modifiche ritenute più opportune per il miglioramento dell'esposizione.

Attraverso questa aggiunta al processo metodologico della ricerca, si vogliono testare gli effetti prodotti dal lavoro di revisione, sia in termini di apprendimento che per quanto riguarda la qualità del materiale prodotto.

L'approccio metodologico di questa terza sperimentazione è stato ispirato da alcuni recenti risultati in cui si usa il sistema Wiki a scopo didattico [86]. Infatti, pur restando all'interno di un sistema di eLearning, le revisioni operate da ogni singolo utente si configurano come attività partecipative tipiche del sistema Wiki.

In futuro sarebbe interessante testare la produzione di materiale didattico utilizzando direttamente il sistema Wiki, analizzandone vantaggi e svantaggi.

In seguito alla ricerca svolta, oltre ad ottenere del materiale utilizzabile, si è riscontrato il miglioramento dell'apprendimento, delle abilità comunicative, delle capacità espositive e una collaborazione produttiva e organizzata.

Proprio per tale ragione si ritiene auspicabile la possibilità di approfondire ulteriormente la sperimentazione, attuando un'indagine sull'apprendimento. Risulterebbe interessante effettuare un'analisi delle differenze, in termini di apprendimento, tra studenti coinvolti in progetti di creazione di contenuti didattici e studenti istruiti tradizionalmente. Tale nuova sperimentazione potrebbe essere svolta coinvolgendo due corsi paralleli della medesima disciplina, considerando uno di essi come gruppo sperimentale e il restante come gruppo di controllo.

Riteniamo che la ricerca effettuata nell'ambito della creazione di contenuti per l'eLearning abbia dimostrato risultati validi e che quindi si possa proseguire ulteriormente nelle sperimentazioni, cercando di contribuire alla ricerca di soluzioni innovative che consentano di ottimizzare i tempi e i costi di realizzazione di percorsi di eLearning.

Bibliografia

1. Ala-Mutka, K. (2008). *Social computing: Study on the use and impacts of collaborative content*. IPTS Exploratory Research on Social Computing, JRC Scientific and Technical Reports.
2. Alexander, S. (2001). *E-learning developments and experiences*. Education and Training 43 (5), pp. 240-248.
3. Alì, G., Bilotta, E., Gabriele, L., Pantano, P. (2006). *An e-learning platform for academy and industry networks*. In Proceedings of the Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOMW 06), pp. 231-234, IEEE Computer Society.
4. Alì, G., Bilotta, E., Gabriele, L., Pantano, P., Servidio, R., Talarico, V. (2007). *An e-learning platform for applications of mathematics to microelectronic industry*. In Proceedings of the 14th European Conference on Mathematics for Industry (ECMI), pp. 736-740, Springer Verlag.
5. Alì, G., Bilotta, E., Pantano, P., Servidio, R., Talarico, V. (2007). *E-learning strategies in academia-industry knowledge Exchange*. In Proceedings of the Interactive Computer Aided Learning, pp. 1-10, Kassel University press.
6. Alì, G., Gabriele, L., Petrone, M.G., Servidio, R. (2010). *Creation of eLearning contents in microelectronics: a case study*. Sottomesso per Proceedings ECMI 2010, 26-30 Luglio 2010, Wuppertal.

7. Ally, M. (2008). *Foundations of Educational Theory for Online Learning*. In *The Theory and Practice of Online Learning*, Terry Anderson Ed.
8. Badaloni, N. (2001). *Introduzione a Vico*. Laterza, Bari.
9. Bertacchini, P.A., Bilotta, E., Gabriele, L., Pantano, P., Servidio, R. (2006). *Apprendere con le mani. Strategie cognitive per la realizzazione di ambienti di apprendimento- insegnamento con i nuovi strumenti tecnologici*. Franco Angeli.
10. Bertacchini, P.A., Bilotta, E., Gabriele, L., Servidio, R., Tavernise A. (2006). *Investigating Learning Processes Through Educational Robotics*. In K. Bonanno e N. Peter (a cura di), *Proceedings of the Australian School Library Association (ASLA)*, Australia.
11. Bilotta, E., Gabriele, L., Servidio, R. (2001). *Robotica e creatività: una ricerca empirica in bambini di scuola elementare*. Quaderni del Centro Interdipartimentale della Comunicazione, 10, Cosenza.
12. Bilotta, E., Gabriele, L., Pantano, P., Servidio, R. (2001). *Robot, bambini e processi di apprendimento*. Atti del convegno AIP- Associazione Italiana di Psicologia-Sezione di Psicologia Sperimentale, Bellaria-Rimini, p. 398-400.
13. Bilotta, E., Pantano, P., Sepúlveda, J., Servidio, R. (2008). *Collaborative research and elearning platform for a distributed microelectronics project*. *Wseas Transactions on Advances Engineering Education* 12 (10), pp. 655-664.
14. Boaler, J. (1998). *Open and closed mathematics. Student experiences and understandings*. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, pp. 41-62.
15. Bruner, J. (1992). *La ricerca del significato. Per una psicologia culturale*. Bollati Boringhieri, Torino.

16. Bruner, J. (1960). *The Process of Education*. Harvard University Press, MA.
17. Bruns, A. (2008). *Blogs, Wikipedia, Second Life and Beyond: From Production to Prodisage*. New York: Peter Lang.
18. Burden, K., Atkinson, S. (2007). *Jumping on the YouTube band wagon? Using digital video clips to develop personalised learning strategies*. In ICT: Providing choices for learners and learning, Proceedings ascilite Singapore 2007.
19. Calvani, A. (2000). *Elementi di didattica*. Carocci, Roma.
20. Calvani, A., Rotta, M. (1999). *Comunicazione e apprendimento in Internet: didattica costruttivistica in rete*. Erikson, Trento.
21. Chen, S., Zhang, J. (2008). *The adaptive learning system based on learning style and cognitive state*. In 2008 International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling, KAM 2008, IEEE Computer Society.
22. Cognition & Technology Group at Vanderbilt. (1992). *Technology and the Design of Generative Learning Environments*. in T. M. Duffy, D. H. Jonassen, Constructivism and the Technology of Instruction, a Conversation, L.E.A., Erlbaum, Hillsdale, N.J., pp. 77-89.
23. Collins, A., Brown, S.J., Newman, S.E. (1995). *L'apprendistato cognitivo, per insegnare a leggere, scrivere e a far di conto*. In Pontecorvo et al., pp. 181-231.
24. COMSON Consortium. (2005). *Annex i: Description of work*. Contract for Marie Curie Project COMSON.
25. Cornoldi, C. (1995). *Metacognizione e apprendimento*. Il Mulino, Bologna.

-
26. Cousinet, R. (1973). *Il metodo di lavoro libero per gruppi*. La Nuova Italia, Firenze.
27. Culver, J.A. (2000) *Effectiveness of problem-based learning curricula: research and theory*. *Academic Medicine*, 75, pp. 259-266.
28. D'Amore, B. (2000). *Lingua, matematica e didattica*. *La matematica e la sua didattica*, n. 1, pp. 28-47.
29. Dahlmann, N., Jeschke, S., Rassy, T., Seiler, R. (2005). *Mmtex: Creating Mathematical Content for eLearning*. In Méndez-Vilas et al., MGMM05.
30. Domenici, G. (1998). *Manuale dell'orientamento e della didattica modulare*. Laterza, Roma.
31. Downes, S. (2005). *E-Learning 2.0*. In "eLearn Magazine", 17 Oct. 2005.
32. Ferrari, P.L. (2003). *Costruzione di competenze linguistiche appropriate per la matematica a partire dalla media inferiore*. *L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate*, Vol. 26A, N. 4, pp. 469-496.
33. Galilei, G. (1896). *Le Opere di GALILEO GALILEI*. Edizione Nazionale, Vol. VI, Firenze, G. Barbèra.
34. Gnudi, A. (2007). *Una metodologia collaborativa per l'insegnamento della matematica in ambiente eLearning*. *Atti Didamatica 2007*, Cesena, pp. 738-745.
35. Grubisic, A., Stankov, S., Rosic, M., Zitko, B. (2009). *Controlled experiment replication in evaluation of e-learning systems educational influence*. *Computer & Education*, vol.53, pp.591-602.

36. Guerra, L. (2006) *L'elaborazione didattica di Learning Objects*. Ricerche di Pedagogia e Didattica, Anno 1, n°1, Clueb, Bologna, pp.87-103.
37. Johnson, R., Gueutal, H., Falbe, C. (2009). *Technology, trainees, meta cognitive activity and e-learning effectiveness*. Journal of managerial psychology, vol.24, pp.545-566.
38. Jonassen, D.H. (1994). *Thinking technology, toward a constructivistic design model*. In "Educational technology", XXXIV, Aprile.
39. Jonassen, D.H., Reeves, T.C. (1996). *Learning with Technology: Using Computers as Cognitive Tools*. In D.H. Jonassen (Ed.), Handbook of Research on Educational Communications and Technology, New York Simon & Shuster Macmillan, pp. 693-719.
40. Junxia, K., Fengli, W. (2007). *Practice of blended learning in computer instruction*. Journal of Hebei North University 23(3), pp. 65-68.
41. Kaye, A. (1994). *Apprendimento collaborativo basato sul computer*. TD. Tecnologie didattiche, n 4, autunno 1994.
42. Kitchener, R. (1986). *Piaget's theory of knowledge*. New Haven: Yale University Press.
43. Lee, C.I., Tsai, F.Y. (2004). *Internet Project-Based Learning Environments: the Effects of Thinking Styles on Learning Transfer*. Journal of Computer Assisted Learning, 20, 1, pp. 31-39.
44. Lèvy, P. (1997). *Il virtuale*. Trad. It. M. Colò e M. Di Sopra, Raffaello cortina Editore, Milano, p. 89.

45. Lewin, K. (1965). *Teoria dinamica della personalità*. Giunti, Firenze.
46. Lewis, R. (1990). *How to Write Flexible Learning Materials*. National Council for Educational Technology, Coventry, pp.23-34.
47. Lytras, M.D., Damiani, E., nez de Pablos, P.O. (2006). *Web 2.0 The Business Model*. Springer.
48. Mason, R. (1998). *Models of on line courses*. In ALN Magazine, n.2.
49. Matsumoto, J., Mitsuhara, H., Uosaki, N., Teshigawar, M., Kume, K., Yano, Y. (2008). *Proposal of Learning Material Creation Model for Niche-Learning*. Workshop Proceedings: Supplementary Proceedings of the 16th International Conference on Computers in Education (ICCE2008), pp.186-193, Taipei, Taiwan, 27-31 Oct. 2008.
50. Mecacci, L. (1992). *Storia della psicologia del Novecento*. Roma-Bari, Laterza.
51. Mergendoller, J.R., Maxwell, N.L., Bellissimo, J. (2002). *The Effectiveness of Problem-Based Instruction: A Comparative Study of Instructional Methods and Student Characteristics*. The Buck Institute for Education.
52. Minato, J., Mitsuhara, H., Kume, K., Uosaki, N., Teshigawara, M., Sakata, H., Yano, Y. (2008). *Student Centered Method to Create Learning Materials for Niche-Learning*. IADIS Multimedia Conference on Computer Science and Information Systems Proceedings of e-Learning 2008, Vol.1, pp.177-184, Amsterdam, Jul. 2008.
53. Nielsen, J. (2000). *Designing Web Usability*. Macmillan Computer Publishing.

- 54.** Nielsen, J., Mack, R.L. (1994). *Usability Inspection Methods*. John Wiley & Sons, New York, NY.
- 55.** Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press, Boston.
- 56.** Oechsner, R., Pfeiffer, M., Pfitzner, L., Ryssel, H., Beer, K., Boldin, M., Mey, de B., Engelhard, M., Ošmurchu, C., Westerwick, A., Colson, P., Madore, M., Krahn, L., Kempe, W., Luisman, E. (2004). *E-learning for microelectronics manufacturing*. In Proceedings of the Thirteenth International Symposium on Semiconductor Manufacturing .
- 57.** Ostermann, T., Lackner, C., Koessl, R., Hagelauer, R., Beer, K., Krahn, L., Mammen, H.T., Jhon, W., Sauer, A., Schwarz, P., Elst, G., Pistauer, M. (2003). *Lima: The new e-learning platform in microelectronic applications*. In Proceedings of the International Conference on Microelectronic Systems Education, pp. 115-117, IEEE Computer Society.
- 58.** Papanikolaou, K.A., Grigoriadou, M. (2002). *Towards new forms of knowledge communication: the adaptive dimension of web-based learning environment*. Computers and Education 39, pp. 333-360.
- 59.** Papert, S. (1994). *I bambini e il computer*. Rizzoli, Milano.
- 60.** Papert, S. (1984). *Mindstorms. Bambini, computers e creatività*. Emme, Milano.
- 61.** Piccinini, N., Scollo, G. (2006). *Cooperative Project-based Learning in Web-based Software Engineering Course*. Educational Technology & Society, 9 (4), pp. 54-62.

- 62.** Pitkänen, S.H., Silander, P. (2004). *Criteria for Pedagogical Reusability of Learning Objects Enabling Adaptation and Individualised Learning Processes*. Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04).
- 63.** Polson, P.G., Lewis, C.H. (1990). *Theory-based design for easily learned interfaces*. Human-Computer Interaction, 5, 191-220.
- 64.** Ranieri, M. (2005). *E-Learning: modelli e strategie didattiche*. Erickson, Trento.
- 65.** Reigeluth, C.M., Nelson, L.M. (1997). *A new paradigm of ISD?* In R.C. Branch & B. Minor (Eds.), Educational media and technology yearbook, Englewood, CO: Libraries Unlimited, vol. 22, pp. 24-35.
- 66.** Resnick, M., Berg, R., Eisenberg, M. (2000). *Beyond Black Boxes: Bringing Transparency and Aesthetics Back to Scientific Investigation*. Journal of the Learning Sciences, 9, p.7-30.
- 67.** Rossitto, L.M. (2008). *Super Dooper! CI library goes Youtubing!* In Proceedings Beyond the Hype 2008: Web 2.0, Queensland University of Technology.
- 68.** Rotta, M. (2007). *Il Project Based Learning nella scuola: prospettive e criticità*. Journal of e-Learning and Knowledge Society, 1, pp.75-84.
- 69.** Scardamalia, M., Bereiter, C. (1993-1994). *Computer Support for Knowledge-Building Communities*. In "The Journal of Learning Sciences", Special Issue: Computer Support for Collaborative learning, III, 3, L.E.A., Erlbaum, Hillsdale, N.J., pp. 265-283.

70. Selim, H. (2007). *Critical success factor foe e-learning acceptance confirmatory factor models*. Computer & Education, vol.49, pp.396-413.
71. Seppälä, M., Caprotti, O., Xambò, S. (2006). *Using Web Technologies to Teach Mathematics*. Proceedings of SITE 2006, Orlando, 20-24 March 2006.
72. Sepúlveda, J., Servidio, R.C., Petrone, M.G., Ali, G. (2009). *Project Based Approach to Content Creation*. Atti del convegno "International Conference on Education Technology and Computer (ICETC)", Singapore, 17–20 Aprile 2009, Published by the IEEE Computer Society: Los Alamitos, CA, 2009, Vol. 16, pp. 285-288.
73. Spiro, R., Feltovich, P.J., Jacobson, M.J., Coulson, R.L. (1995). *Cognitive Flexibility, Constructivism and Hypertext: Random Access Instruction for Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains*. In Steffe, Gale, pp. 85-107.
74. Sun, L., Williams, S. (2004). *An Instructional Design Model for Constructivist Learning*. In L. Cantoni & C. McLoughlin (Eds.), Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2004, pp. 2476-2486, Chesapeake, VA: AACE.
75. Sun, P., Tsai, R., Finger, G., Chen, Y. (2008). *What drives a successful e-learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction*. Computer & Education, vol.50, pp. 1183-1202.
76. Tane, J., Schmitz, C., Stumme, G., Staab, S., Studer, R. (2003). *The courseware watchdog: an ontology-based tool for finding and organizing learning material*. In: David, Klaus, Wegner, Lutz (Eds.), Mobiles Lernen und Forschen - Beitrge der Fachtagung an der Universitt, Kassel University Press, pp. 93-104.

77. Thomas, J.W. (2000). *A reviews of research on Project-based Learning*. Autodesk Foundation.
78. Thomas, W.R., MacGregor, S.K. (2005). *Online Project-Based learning: How Collaborative Strategies and Problem Solving Processes Impact Performance*. Journal of Interactive Learning Research, 16, 1, pp. 83-107.
79. Trentin, G. (1999). *Telematica e formazione a distanza: il caso Polaris*. Franco Angeli, Milano.
80. Trentin, G. (2007). *Un approccio multidimensionale alla sostenibilità dell'eLearning*. In *Tecnologie didattiche* N°40, 1, Ortona, p.17.
81. Urdan, T.A., Weggen, C.c. (2000). *Corporate e-Learning: Exploring a new frontier*. WR Hambrecht.
82. Verhagen, P. (2006). *Connectivism: a new learning theory?* University of Twente.
83. Vygotskij, L.S. (1974). *Storia dello sviluppo delle funzioni psichiche superiori e altri scritti*. Giunti-Barbera, Firenze.
84. Vygotskij, L.S. (1988). *Il processo cognitivo*. Boringhieri, Torino.
85. Vygotskij, L.S. (1990), (1934). *Pensiero e linguaggio. Ricerche psicologiche*. A cura di L. Mecacci, Editori Laterza, Roma-Bari.
86. Wheeler, S., Wheeler, D. (2007). *Evaluating Wiki as a tool to promote quality academic writing skills*. Conference ICL 2007, Villach, Austria.
87. Wittgenstein, L. (1953). *Philosophical investigations*. New York: Macmillan.

88. Woodward, C. (1997). *What can we learn from programme evaluation studies in medical education*. In *The challenge of problem based learning*, Eds. D Boud & G. Feletti, London, Kogan page, pp. 294-307.

89. Zan, R. (2010). *Difficoltà in matematica. Osservare, interpretare, intervenire*. Springer.

90. Zoltan, S., Janos, H., Istvan, N. (2006). *Signal processing by multimedia in nonlinear dynamics and power electronics: Review*. World Academy of Science, Engineering and Technology 13, pp. 34-44.

Sitografia

S1. <http://billkerr2.blogspot.com/2007/02/which-radical-discontinuity.html>.

Kerr B., *Which radical discontinuity?*, 2007.

S2. <http://fisica.andreadecapoa.net/>.

S3. <http://it.wikipedia.org/wiki/Wiki>.

S4. http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf.

S5. <http://moodle.org/>.

S6. <http://newsfilm.bufvc.ac.uk/>.

S7.

http://videolezioni.matematicamente.it/index.php?option=com_content&view=article&id=802:trasporto-fuori-dalla-radice&catid=53:classe-seconda-algebra&Itemid=88.

S8. http://www.bie.org/pbl/pblhandbook/BIE_PBLintro.pdf.

S9. <http://www.cabri.com/>.

S10. <http://www.claroline.net/>.

S11. <http://www.classroom20.com/>.

- S12. http://www.elearnspace.org/KnowingKnowledge_LowRes.pdf.
Siemens G., *Knowing Knowledge*, 2006.
- S13. <http://www.fondazionecrucci.it/e-learning/data/allegati/links/1193/eLearning03.doc>.
Osservatorio ANEE, *E-Learning 2003, sintesi*. p. 3.
- S14. <http://www.iac.rm.cnr.it/~natalini/corso/matlab.pdf>.
Ciaburro G., (a cura di) *Manuale MatLab*.
- S15. http://www.invalsi.it/download/pdf/pisa06_Primirisultati_PISA2006.pdf.
- S16. <http://www.latex2html.org/>.
- S17. <http://www.matematicamente.it/>.
- S18. <http://www.mathmlcentral.com/Tools/ToMathML.jsp>.
- S19. <http://www.merlot.org>.
- S20. <http://www.mumie.net/en/index.php>.
- S21. http://www.psicologi-italia.it/psicoterapia_umanistica.htm.
- S22. <http://www.simai.eu/>.
- S23. <http://www.w3.org/Math/iandi/>.
- S24. http://www.w3.org/Math/iandi/mml3-impl_interop20090520.html.
MacKichan Software Implementation Report, in MathML 3.0 Implementation and Interoperability Report.

Ringraziamenti

Il primo ringraziamento va a Colui che governa la mia vita, Dio che guida ogni mio passo lungo la strada di questa breve esistenza terrena.

Ringrazio di cuore il Prof. Giuseppe Alì per la sua disponibilità, per i preziosi consigli, ma soprattutto per tutto ciò che mi ha insegnato in questi anni con grande professionalità.

Ringrazio il Dott. Rocco Servidio, che ha sopportato pazientemente le mie richieste e mi ha aiutata in modo concreto e sostanziale durante tutto il percorso effettuato, dedicando buona parte del suo tempo a trasmettermi le sue conoscenze.

Infine, ma non per ordine di importanza, ringrazio la mia cara famiglia (Francesco, mamma, papà, Wanda, Cesare, Mariella e Francesco), senza di voi non avrei potuto realizzare nulla di tutto ciò che sono riuscita a fare in questi anni; grazie per il sostegno morale, ma soprattutto per il grande aiuto nel crescere Cesare Manuele.