

SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE PER LA PIANIFICAZIONE ENERGETICA SOSTENIBILE

Annalisa Centrella (*) Maurizio Pignone (**), Domenico Villacci (*)

(*) Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi del Sannio, P.zza Roma 21, 82100 Benevento
E-mail: annalisacentr@tin.it, villacci@unisannio.it.

(**) INGV - Centro per la Sismologia e l'Ingegneria Sismica, Grottaminarda (AV). E-mail: pignone@gm.ingv.it

Riassunto

Nel lavoro viene dato inizio alla formulazione di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) orientato alla pianificazione ed alla progettazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. In particolare viene considerata un'applicazione relativa agli impianti eolici contestualizzati nell'ambito della Provincia di Benevento. A tal fine è stato inizialmente definito un modello di analisi il cui obiettivo era l'individuazione di eventuali siti favorevoli all'installazione di impianti eolici combinando diversi requisiti territoriali, anemologici e normativi; successivamente il modello di analisi è stato implementato all'interno del Sistema Informativo Territoriale tramite la tecnologia del Model Builder di ArcGIS 9.0.

Abstract

This work starts the formulation of a Territorial Information System (SIT) oriented towards the planning and design of plant for the production of electric energy by renewable sources. In particular, we are considering an application about wind plant within the Benevento Province. To this end an analysis model was been defined to identify possible favourable sites to the installation of wind farm combining the various territorial qualification, normative and anemology ties; then the analysis model has been implemented in the Territorial Information System through the Model Builder technology of ArcGIS 9.0.

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni sono state intraprese numerose iniziative per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili ed in particolare per la produzione di energia elettrica. Pur considerando che lo sfruttamento di tali fonti non produce in generale l'emissione di inquinanti in atmosfera, non può essere trascurato l'aspetto relativo all'impatto paesaggistico che le diverse soluzioni oggi adottabili possono arrecare all'ambiente. Tra le diverse fonti rinnovabili quella che pone con maggiore forza tale problematica, vi è quella eolica. Questo per due ragioni prevalenti: la relativa elevata diffusione sul territorio, grazie alla competitività tra le fonti rinnovabili rispetto alle tradizionali; il non trascurabile impatto sul territorio, in particolare di quello paesaggistico, prodotto dagli impianti di produzione.

Per analizzare sin dalle prime fasi della progettazione tali impatti sono state introdotte speciali normative e procedure di valutazione con l'obiettivo di prevenire eventuali ripercussioni ambientali non sostenibili. La più nota di tali procedure è la Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA).

Per lo sviluppo di una accurata procedura di VIA occorre prendere in considerazione tutta una serie di variabili e di ipotesi progettuali alternative la cui valutazione congiunta può spesso rivelarsi poco agevole o scarsamente esaustiva.

L'impiego dei moderni strumenti che l'*Information Tecnology* mette oggi a disposizione rende possibile la realizzazione di "tool" applicativi avanzati con i quali si è in grado di formulare analisi,

sia quantitative che qualitative, sempre più coerenti ed accurate. In tale prospettiva nel lavoro viene dato inizio alla formulazione di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) orientato alla pianificazione ed alla progettazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Quale *case study* viene considerata un'applicazione relativa agli impianti eolici. A tal fine viene inizialmente definito un modello di analisi il cui obiettivo è quello dell'individuazione eventuali siti favorevoli all'installazione di impianti eolici. Ciò combinando diversi requisiti territoriali, anemologici e normativi; successivamente il modello di analisi è stato implementato all'interno del Sistema Informativo Territoriale tramite la tecnologia del Model Builder di ArcGIS 9.0.

Il contesto territoriale considerato è quello della Provincia di Benevento attraverso la costruzione di un Database Territoriale in formato *Geodatabase* (tramite il software ArcView 9.0) suddiviso in tre *feature dataset*: uno contenente informazioni sul territorio, un altro informazioni sulla problematica eolica e l'ultimo sulle reti elettriche di Alta e Media Tensione.

IMPIANTI EOLICI E VALUTAZIONE D'IMPATTO AMBIENTALE

Lo sviluppo di tale fonte di energia elettrica deve avvenire in simbiosi con un processo di integrazione compatibile e sostenibile nel territorio attraverso una progettazione eco-compatibile degli impianti e la promozione e lo sviluppo di sistemi e normative preventive per la tutela dell'ambiente. Per quanto al momento in Italia non esistono regolamentazioni specifiche per la valutazione dell'impatto ambientale arrecata da impianti eolici per la produzione di energia elettrica, le procedure attualmente di riferimento, seppur di carattere più generale, hanno l'obiettivo, a differente livello decisionale, di prevenire eventuali ripercussioni ambientali negative e determinare in anticipo le possibili evoluzioni dell'ambiente: sono la VAS (Valutazione Ambientale Strategica) e la VIA (Valutazione di Impatto Ambientale). In Italia la procedura di VIA trae origine dal recepimento della Direttiva Europea n. 337 del 1985; la VAS, emanata attraverso la Direttiva Comunitaria 42/2001/CEE.

La procedura di Valutazione d'Impatto Ambientale si prefigge di analizzare tutti gli effetti positivi e negativi, diretti e indiretti, temporanei o permanenti, singoli o cumulativi che una qualsiasi opera genera sull'ambiente con lo scopo di migliorare la qualità della vita rafforzando i tradizionali meccanismi di controllo e decisione con strumenti preventivi e comunicativi. Il DPCM del 03/09/1999 aggiunge nell'elenco delle opere da sottoporre a VIA tutti gli "impianti industriali per la produzione di energia mediante lo sfruttamento del vento".

IL DATABASE TERRITORIALE

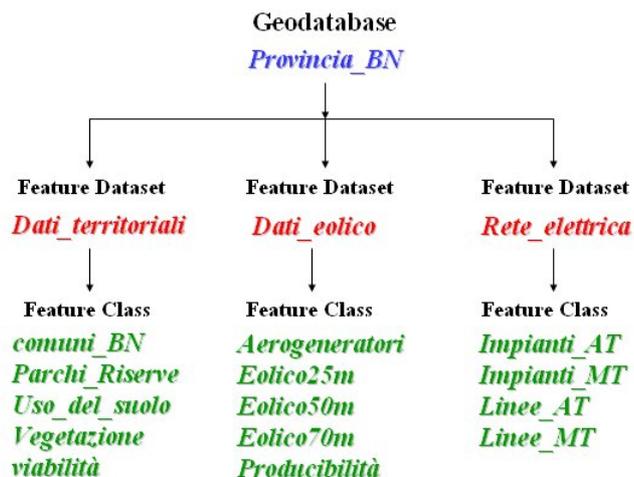
Per la creazione del Sistema Informativo Territoriale è stato utilizzato il software ESRI ArcGIS ArcView 9.0 ed in particolare, per la strutturazione della Banca Dati, è stato scelto il modello dati *GEODATABASE*, una struttura di memorizzazione aperta dedicata alla gestione di dati GIS (geometrie, tabelle ed immagini) all'interno di un DBMS (*Database Management System*).

Il *Geodatabase* ha come estensione territoriale la provincia di Benevento e contiene informazioni di varia tipologia relativa all'area di studio ed è strutturato in 3 *Feature Dataset* (Dati_territoriali, Dati_eolico e Rete_elettrica), a loro volta suddivisi in diverse *Feature Class*, secondo lo schema di seguito illustrato.

La caratteristica principale è che i dati sono tutti nello stesso sistema di riferimento: Roma40-Gauss-Boaga orientato a Monte Mario (fuso EST).

Come dati cartografici di base sono stati usati:

- La Carta Topografica in formato raster in scala 1:50.000 acquisita tramite scanner dai quadranti relativi ai fogli della Carta d'Italia ricadenti nella provincia di Benevento, messi a disposizione dall'IGM;
- Le Ortofoto della provincia di Benevento in scala 1:10.000 messe a disposizione dalla Provincia di Benevento.



FEATURE DATASET Dati_territoriali

Comuni_Bn: scaricato dal sito della regione Campania e comprendente i comuni della provincia.

uso_del_suolo: deriva dalla copertura del suolo LandCover CORINE a livello europeo, il cui database è stato adattato alle nostre esigenze tramite conversione nel sistema di riferimento, considerando l'area della provincia di Benevento ed accorpando le diverse classi di utilizzo del suolo in 6 macroclassi.

Vegetazione: descrive la vegetazione nella provincia di Benevento ed è stato ottenuto dal PTCP.

Parchi_Riserve: sono le zone relative ai parchi e alle riserve nonché le aree vincolate ai sensi della legge Galasso, l'idrografia e le valli fluviali principali ottenuto anch'esso dal PTCP.

Viabilità: comprende le strade di maggior importanza ottenuto sovrapponendo alla carta topografica le ortofoto e digitalizzando manualmente gli elementi.

FEATURE DATASET Dati_eolico

Eolico25m, Eolico50m e Eolico70m: sono le mappe dei venti alle diverse altezze dal suolo ottenute dall'Atlante Eolico prodotto dal CESI in scala 1:750.000 diviso in 27 tavole. Tali layers sono stati ottenuti trasformando le due tavole relative alla provincia di Benevento da formato Pdf in formato Tiff, unendo le due immagini ottenute e georeferenziando la mappa risultante. Infine si è sovrapposta la carta dei limiti amministrativi e si sono digitalizzate manualmente le singole aree indicanti le velocità medie annue dei venti alle altezze dal suolo indicate. (Fig. 1)

Producibilità: anch'esso deriva dall'Atlante Eolico ed è stato ottenuto con lo stesso procedimento; la producibilità specifica indica il numero di ore equivalenti annue di funzionamento degli aerogeneratori alla piena potenza nominale.

Aerogeneratori: indica l'ubicazione di tutti gli aerogeneratori presenti sul territorio della provincia; per ricavare tali informazioni è stata necessaria un'accurata indagine presso i comuni sedi dei parchi eolici. Questo è stato possibile anche grazie alla collaborazione della Polizia Provinciale di Benevento che ha messo a disposizione i mezzi necessari. La maggior parte delle informazioni sono state desunte da carte tecniche comunali, da progetti o da aerofotogrammetrie, ovvero dal materiale informatizzato e non che i Comuni hanno potuto mettere a disposizione.

FEATURE DATASET Rete_elettrica

Linee_AT e Impianti_AT: sono due layers, uno di geometria lineare e l'altro di geometria puntuale che rappresentano la rete elettrica di Alta Tensione della Provincia di Benevento, estrapolata dalla rete di AT della Regione Campania fornita dalla società Terna (Fig. 2).

Linee_MT e Impianti_MT: sono anch'essi due layers, uno di geometria lineare e l'altro di geometria puntuale che rappresentano una parte della rete di Media Tensione (in particolare la zone

del Fortore) della Provincia di Benevento ed è stata ottenuta da indagine sul campo e da carte della rete in Media Tensione.

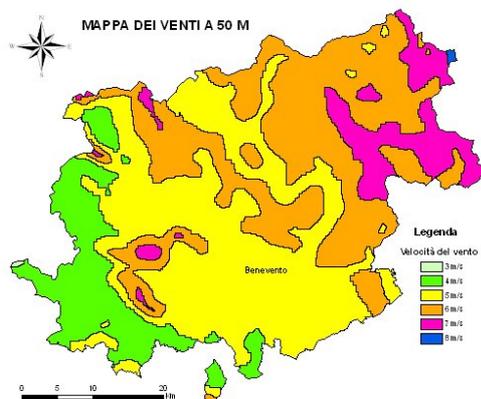


Fig 1 - Eolico_50m - mappa dei venti a 50 m

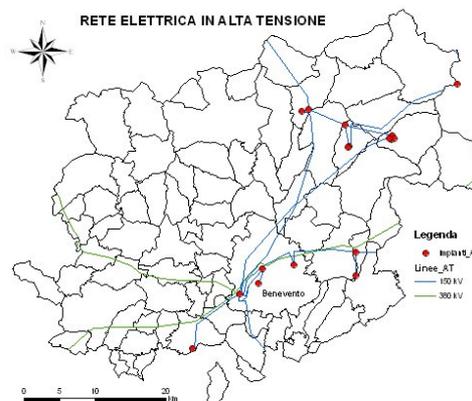


Fig 2 - Rete elettrica di Alta Tensione

APPLICAZIONE SPERIMENTALE E RISULTATI

E' stato elaborato un modello di analisi per individuare macroaree idonee alla installazione di nuovi siti eolici, che soddisfi sia i requisiti territoriali e anemologici, sia quelli normativi. Il punto di partenza è il Geodatabase dal quale, di volta in volta, sono state estrapolate le informazione necessarie al raggiungimento dell'obiettivo prefissato. Il modello di analisi viene schematizzato tramite un flow-chart costituito da oggetti rappresentanti dati di input, funzioni e dati di output. Come dati di input sono state usate le *feature class* a cui sono state applicate funzioni di *buffer*, *select by attribute*, *union*, *intersect*, ...

Per la realizzazione di un parco eolico di notevole importanza è necessario preliminarmente procedere all'individuazione del sito idoneo. Tale processo si articola in una serie di studi preliminari volti a determinare il soddisfacimento dei criteri tecnici indispensabili per la sua più idonea localizzazione. I più significativi riguardano:

- la ventosità media annua del sito;
- la distanza dalla rete elettrica in alta tensione;
- la rete viaria per il transito degli automezzi.

Per prima si è considerata la *feature class* *Eolico50m* e tramite una query SQL $[Cod_vento] > 5$ sono state selezionate le aree aventi velocità media del vento superiore a 5 m/s. Successivamente si è considerata la *feature class* *Producibilità* e sono state selezionate le aree aventi producibilità specifica superiore a 1500 MWh/MW, tramite la query $[Prod_spec] \geq 2000$. Quindi si è fatta una "intersezione" tra le 2 aree ottenendo un nuovo layer con entrambe le caratteristiche selezionate.

Nella scelta delle localizzazioni idonee sono da considerarsi le aree critiche dal punto di vista naturalistico quali aree protette nazionali e regionali, aree vincolate e boschi che non possono essere considerate in un eventuale progetto eolico. Pertanto si è sovrapposto il layer *Parchi_Riserve* e sono state "tagliate" via le aree menzionate tramite la query $NOT([VINCOLO] = 'Area soggetta a vinc' OR [VINCOLO] = 'Bosco' OR [VINCOLO] = 'Idrografia' OR [VINCOLO] = 'Parco')$, ottenendo le aree favorevoli dal punto di vista anemologico e non soggette ad alcun tipo di vincolo.

Altro aspetto legato agli impatti ambientali è il rumore di un parco eolico e quindi la vicinanza di zone urbanizzate. Ogni turbina eolica deve essere distante almeno 15 volte il diametro dell'elica dal confine dell'area edificabile del centro urbano (valore di prassi) per cui si è creato intorno alle aree urbanizzate (dal layer *uso_del_suolo*) un buffer di 800 m (circa 15 volte il diametro delle pale considerato in media di 50 m), poi si sono considerate eventuali aree boschive e si sono deselezionate queste aree.

La distanza dalla rete di Alta Tensione è un altro elemento importante. Nel caso in cui le linee elettriche per il trasferimento dell'energia elettrica dovranno essere appositamente riprogettate o

costruite ex-novo, a completamento dello Studio di Impatto Ambientale, dovrà essere allegata una tavola riassuntiva del tracciato e delle caratteristiche fisiche dell'elettrodotto ed una relazione tecnica specialistica di calcolo del campo elettrico e del campo di induzione magnetica. Volendo introdurre un elemento discriminante, relativamente alle distanze delle aree potenzialmente idonee ad accogliere impianti eolici, dagli elettrodotti esistenti, al fine di evitare la realizzazione di elettrodotti di elevata lunghezza e quindi di relativo maggiore impatto ambientale, è stato creato prima un buffer di 3500 m intorno alle linee di AT (dal layer *Linee_AT*) (valore ritenuto a priori eco-compatibile); sono state quindi "tolte" tutte le zone con distanza superiore ai 3500 m.

Buona parte degli impatti di un impianto eolico sono legati alle opere accessorie: risulta evidente che sono altamente preferibili quelle aree in cui esiste già una rete viaria sviluppata. La distanza di ogni turbina eolica da una strada provinciale o nazionale deve essere superiore a 4 volte il diametro dell'elica e comunque non inferiore a 300 m (prassi); inoltre tale distanza dovrà essere in ogni caso superiore alla gittata massima degli elementi rotanti in caso di rottura accidentale. Le nuove strade realizzate a servizio degli impianti devono essere chiuse al pubblico passaggio (ad esclusione dei proprietari) ed essere utilizzate esclusivamente per le attività di manutenzione degli stessi. Anche in questo caso, partendo dal layer *viabilità*, è stato quindi creato un buffer di 300 m intorno ad ogni strada e si sono considerate le zone non sovrapposte al layer risultante.

Infine si è considerato il layer *Aerogeneratori*, dove intorno ad ogni aerogeneratore è stato creato un buffer di 250 m, in quanto con una disposizione "a fila" di prassi la interdistanza risulta variare tra le 3 e le 5 volte il diametro delle pale. Togliendo tali aree si ottiene la situazione finale così come raffigurata in Fig. 3.

Per individuare siti eolici a 70 m è stata sviluppata una analoga procedura partendo dalla mappa dei venti a 70 m (Fig. 4).

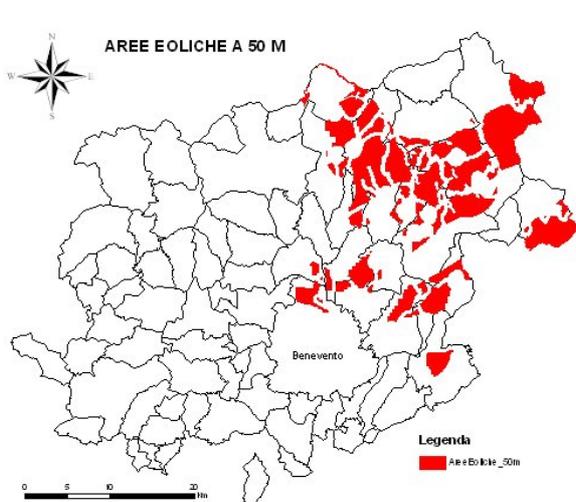


Fig. 3: Aree eoliche a 50 m

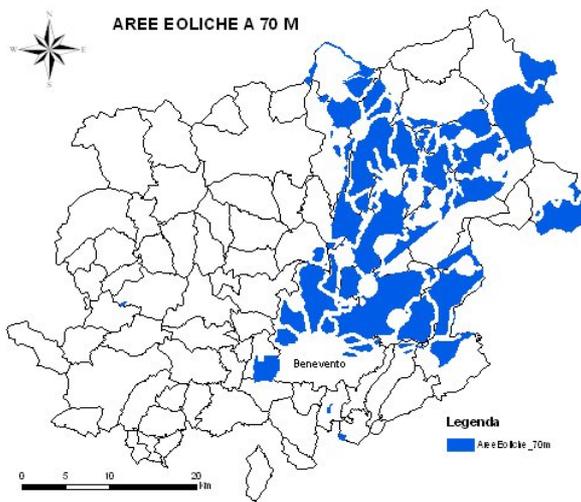


Fig. 4: Aree eoliche a 70 m

Per rendere più efficace e dinamica l'analisi geografica sviluppata è stata utilizzata la tecnologia Model Builder di ArcView 9.0 che ha messo a disposizione una interfaccia grafica in cui è stato inserito il modello sottoforma di flow-chart (Fig. 5: esempio del modello a 70 m e Fig. 6: particolare ingrandito del modello). Tale tecnologia ha permesso di automatizzare e informatizzare il modello in quanto rende più semplici e veloci le operazioni da effettuare. Inoltre c'è stata la possibilità di parametrizzare il modello, nel senso che eventuali variazioni dei parametri associati a vincoli del sistema, non comportano il dover riprogettare il modello ma soltanto variare i parametri interessati. Infine con tale tecnologia è possibile esportare il modello sottoforma di script Python e ciò consente un ulteriore grado di libertà del modello perché si ha la possibilità di lanciare in esecuzione il modello stesso.

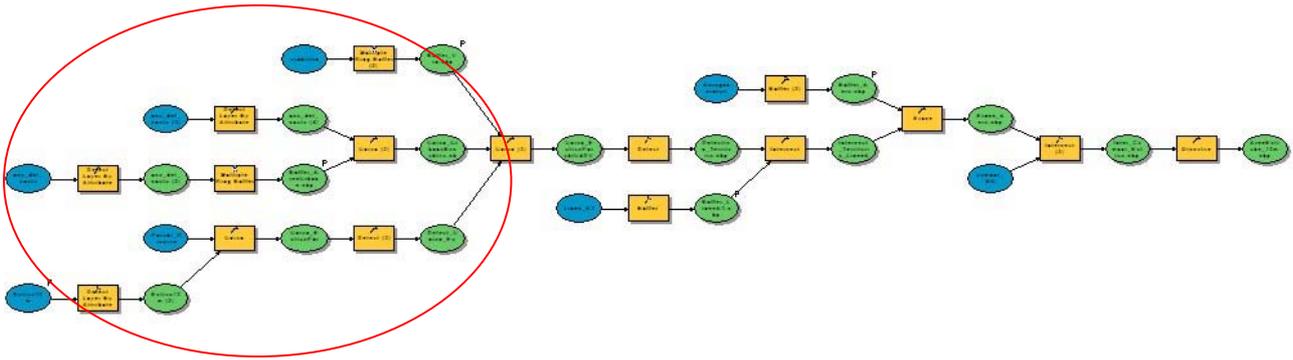


Fig. 5: Modello a 70 m gestito attraverso la tecnologia Model Builder

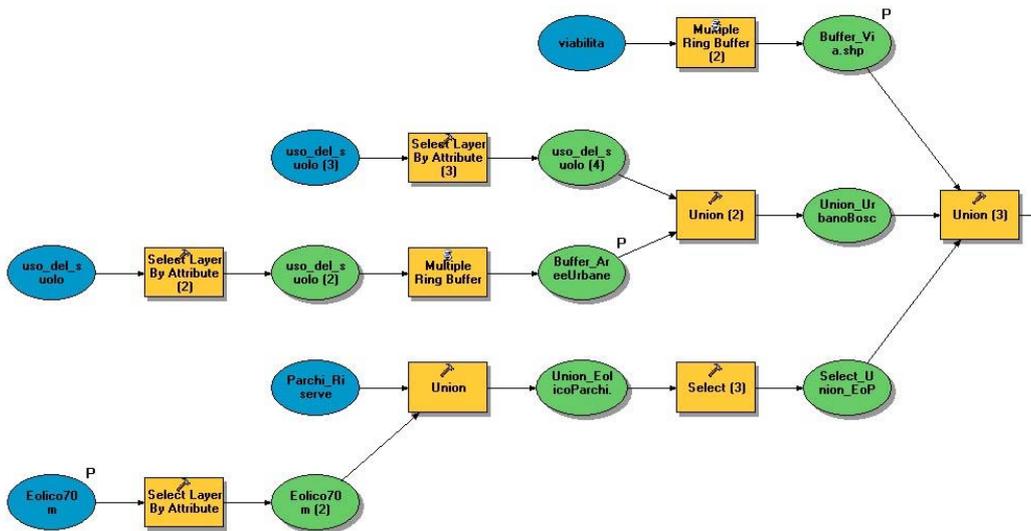


Fig. 6: Particolare del modello a 70 m

Conclusioni

Lo scopo del lavoro è stato quello di dare inizio alla formulazione sistematica di un Sistema Informativo Territoriale finalizzato alla pianificazione ed alla gestione delle risorse energetiche. In particolare si è proceduto sin da questa prima fase ad elaborare un modello di analisi per individuare macroaree idonee alla installazione di nuovi siti eolici, che soddisfino requisiti territoriali, anemologici e normativi. Il punto di partenza è il Geodatabase dal quale, di volta in volta, sono state estrapolate le informazioni necessarie al raggiungimento dell'obiettivo prefissato. Il modello di analisi è stato schematizzato tramite un flow-chart costituito da oggetti rappresentanti dati di input, funzioni e dati di output. Come dati di input sono state usate le feature class a cui sono state applicate funzioni di buffer, select by attribute, union, intersect, ... Per rendere più efficace e dinamica l'analisi geografica sviluppata è stata utilizzata la tecnologia Model Builder di ArcView 9.0 che ha messo a disposizione una interfaccia grafica in cui è stato inserito il modello sotto forma di flow-chart. Tale tecnologia ha permesso di automatizzare e informatizzare il modello in quanto rende più semplici e veloci le operazioni da effettuare. Inoltre c'è stata la possibilità di parametrizzare il modello, nel senso che eventuali variazioni dei parametri associati a vincoli del sistema, non comportano il dover riprogettare il modello ma soltanto variare i parametri interessati. E' possibile, inoltre, esportare il modello sotto forma di script Python consentendo un ulteriore grado di libertà del modello in quanto si ha la possibilità di lanciare in esecuzione il modello stesso.

Bibliografia

V. Bettini (1995) "L'impatto ambientale – tecniche e metodi", CUEN.
 Modeling Our World: the ESRI Guide to Geodatabase Design.