



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA DI VITERBO

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE PER L'AGRICOLTURA, LE FORESTE,
LA NATURA E L'ENERGIA (DAFNE)**

Corso di Dottorato di Ricerca in

Scienze delle Produzioni Vegetali e Animali (SPVA) - XXIX Ciclo

**TRASFORMAZIONE DEL TERRITORIO E IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE
SUPERFICI: SVILUPPO DI UNO STRUMENTO DI SUPPORTO ALLA
PIANIFICAZIONE COMUNALE**

s.s.d. 07/C (ex AGR10)

Tesi di dottorato di:

Dott. Ing. Tullia Valeria Di Giacomo

Coordinatore del corso

Prof. Stefania Masci

Firma

Tutore

Prof. Maria Nicolina Ripa

Firma

Co-tutore

Dott. Ing. F. Paolo Di Giacomo

Firma

A.A. 2016/17

Sommario

Abstract	7
Parole chiave	7
Premesse e schema di lavoro	8
1. INTRODUZIONE	9
1.1 Il panorama legislativo	11
1.2 Stato della sensibilizzazione delle tematiche ambientali: consumo suolo e ecosystem services.....	15
1.3 Gli impatti della trasformazione del suolo, i fattori di degrado ambientale	21
1.4 La gestione della risorsa acqua e forme di compensazione all'impermeabilizzazione	26
1.5 Modelli e tecniche per la simulazione e il controllo delle trasformazioni dell'uso del suolo	31
1.6 L'importanza degli indicatori	34
2. MATERIALI E METODI	36
2.1 Obiettivi.....	36
2.2 Valutazione dei volumi di deflusso	37
2.3 Criteri per la selezione di BMP	43
2.4 Gli strumenti ICT - Information and Communication Technology.....	47
2.5 Il GIS e le potenzialità dello strumento	48
2.5.1 I modelli cognitivi nel GIS	49
2.6 Struttura dell'applicazione.....	52
2.7 L'evoluzione dell'applicazione esistente su una piattaforma innovativa	58
3. RISULTATI E DISCUSSIONE	65
3.1 Procedura per la simulazione della trasformazione	65
4. CONCLUSIONI	75
Bibliografia.....	78
Appendice.....	83
Bacino per sedimenti - Sediment basins.....	83
Sistema di depressioni inerbite - Bioretention swales	84
Bacini di bioritenzione - Bioretention basins	85

Filtro a sabbia - Sand filters.....	86
Fasce tampone - Swale/ buffer systems.....	87
Zone umide artificiali - Constructed wetlands.....	88
Stagni - Ponds.....	89
Sistema di filtrazione - Infiltration measures.....	90
Serbatoi di acqua piovana - Rainwater tanks.....	91
Sistema di stoccaggio e recupero dell'acquifero - Aquifer storage and recovery	91
Ringraziamenti	93

Indice delle figure

Figura 1 La crescita della percentuale urbana della popolazione globale Fonte: Joint Programming Initiative Urban Europe, 2014	9
Figura 2 Le componenti dello sviluppo sostenibile.....	15
Figura 3 La multisetorialità degli Ecosystem Services da http://uknea.unep-wcmc.org/	15
Figura 4 Il modello DPSIR (determinanti, pressioni, stato, impatti, risposte)	17
applicato al consumo di suolo (ISPRA 2016).....	17
Figura 5 Percentuale di impermeabilizzazione del suolo a livello comunale (Elaborazioni ISPRA su dati Copernicus, 2009 e dati ISPRA/ARPA/APPA, 2013).....	18
Figura 6 Evoluzione del consumo di suolo per regione (ISPRA, 2013).....	18
Figura 7 Ambrogio Lorenzetti, “Effetti del buono e del cattivo governo in città e in campagna”, particolare, 1337-1339.....	19
Figura 8 Rappresentazione dell’incremento annuale medio del fenomeno del soil sealing secondo la European Environment Agency (https://www.eea.europa.eu/data-and-maps) tra il 2006 e il 2009	21
Figura 9 Rappresentazione dell’idrogramma di piena in situazione ante e post urbanizzazione	22
Figura 10 Schematizzazione del processo che comporta effetti negativi sull’ambiente	23
Figura 11 Schema gerarchico di BMP (APWA/MARC, 2012)	27
Figura 12 L’indice di stress idrico (water stress index WSI) per i paesi europei; WSI inferiore al 10%: basso; WSI dal 10% al 20%: moderato, WSI dal 20% al 40%: elevato e WSI superiore al 40%: grave (Raso, 2013).....	28
Figura 13 I 17 Obiettivi di Sviluppo sostenibile (OSS) o Sustainable Development Goals (SDGs) individuati dalle Nazioni Unite con l’orizzonte del 2030	34
Figura 14 Rappresentazione schematica della formazione del deflusso superficiale.....	37
Figura 15 Schema del bilancio idrologico di una porzione elementare di bacino idrografico (www.idrografico.roma.it).....	38
Figura 16 Foglio di lavoro proposto dall’American Public Works Association e dal MID-America Regional Council per la Valutazione del Livello di Servizio LS della BMP (APWA/MARC, 2012).....	46
Figura 17 Rappresentazione grafica del processo cognitivo nel GIS.....	51
Figura 18 Esempio di schermata dell’applicazione esistente al sito www.idrografico.roma.it dell’Ufficio Idrografico e Mareografico della Regione Lazio.....	52
Figura 19 Sottozone del progetto VAPI relative al bacino del Tevere e i bacini minori con foce lungo il litorale del Lazio (A.B.R. e D.S.I.C.).....	53
Figura 20 Schermata esemplificativa dell’applicazione	58
Figura 21 Il layer di disegno sul quale vengono memorizzati i nuovi oggetti	61
Figura 22 Evoluzione dal GIS al WEB GIS e alla tecnologia CLOUD	63
Figura 23 Rappresentazione schematica dell’evoluzione metodologica	63

<i>Figura 24 Rappresentazione schematica della trasformazione</i>	<i>65</i>
<i>Figura 25 Rappresentazione del procedimento di valutazione proposto</i>	<i>65</i>
<i>Figura 26 Il pannello di base “Tasks”</i>	<i>67</i>
<i>Figura 27 Le funzionalità di base nel pannello di base “Tasks” con l’ingrandimento e l’evidenziazione della funzionalità Curve Number sviluppata ad hoc</i>	<i>67</i>
<i>Figura 28 Sezione dell’elemento desiderato per il disegno di nuovi oggetti</i>	<i>67</i>
<i>Figura 29 Finestra di dialogo per la funzionalità di disegno</i>	<i>68</i>
<i>Figura 30 Operazione di disegno del lotto oggetto della trasformazione; in rosso l’area già disegnata, in grigio con il vertice visibile quella che sta per essere disegnata</i>	<i>68</i>
<i>Figura 31 All’interno del pannello di base “Tasks” la funzionalità Curve Number consente di precisare alcune informazioni relative alla trasformazione da valutare</i>	<i>69</i>
<i>Figura 32 Menu a tendina per la selezione e l’attribuzione dell’uso del suolo</i>	<i>69</i>
<i>Figura 33 Visualizzazione delle informazioni attribuite alla trasformazione</i>	<i>70</i>
<i>Figura 34 Processo di disegno dell’areola oggetto della trasformazione e attribuzione del nuovo uso del suolo</i>	<i>70</i>
<i>Figura 35 Ottenimento automatico per gli elementi selezionati in blu dei valori del CN medio pesato e il CN originario medio pesato una volta attribuiti il CN iniziale e dopo la trasformazione</i>	<i>71</i>
<i>Figura 36 Rappresentazione delle schermata in linguaggio JavaScript tramite il quale viene effettuato il calcolo del CN medio pesato rispetto ai valori delle aree coinvolte dalla trasformazione</i>	<i>72</i>
<i>Figura 37 Rappresentazione delle caratteristiche della funzionalità “Curve Number”</i>	<i>73</i>
<i>Figura 38 L’output dell’applicazione</i>	<i>74</i>
<i>Figura 39 Bacino per i sedimenti - sediment basins (Tasmania, 2012)</i>	<i>83</i>
<i>Figura 40 bioretention swales (Tasmania, 2012)</i>	<i>84</i>
<i>Figura 41 bioretention basins (Tasmania, 2012)</i>	<i>85</i>
<i>Figura 42 sand filters (Tasmania, 2012)</i>	<i>86</i>
<i>Figura 43 swale/ buffer systems (Tasmania, 2012)</i>	<i>87</i>
<i>Figura 44 constructed wetlands (Tasmania, 2012)</i>	<i>88</i>
<i>Figura 45 Ponds (Tasmania, 2012)</i>	<i>89</i>
<i>Figura 46 infiltration measures (Tasmania, 2012)</i>	<i>90</i>
<i>Figura 47 rainwater tanks (Tasmania, 2012)</i>	<i>91</i>
<i>Figura 48 aquifer storage and recovery (www.golder.com)</i>	<i>91</i>

Indice delle tabelle

Tabella 1 Le principali normative comunitarie considerate nel Allegato 1 - Quadro di riferimento normativo e programmatico del Rapporto Ambientale (ex art. 13 d.lgs. 152/2006) Valutazione Ambientale Strategica dell'Allegato Infrastrutture Dicembre 2015 al Documento di Economia e Finanza del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti	11
Tabella 2 Classificazione dei servizi ecosistemici secondo il CICES (Haines-Young and Potschin, 2013)	16
Tabella 3 potenziale applicabilità dei sistemi di BMP per i diversi tipi di sviluppo insediativo (JSCWSC, 2009)	29
Tabella 4 Classifica della permeabilità dei suoli secondo il Soil Conservation Service	41
Tabella 5 I valori del parametro CN per i diversi tipi di suolo A,B,C,D per una condizione standard di umidità del terreno agli inizi dell'evento di pioggia ("AMC" Antecedent Moisture Condition di classe II, classe media) secondo il manuale di progettazione di Artina et al. (1997)	42
Tabella 6 Le fasi di articolazione del lavoro secondo la procedura proposta dall'American Public Works Association e dal MID-America Regional Council	44
Tabella 7 Output di ogni fasi di articolazione del lavoro secondo la procedura proposta dall'American Public Works Association e dal MID-America Regional Council	44
Tabella 8 I punteggi del Livello di Servizio associati al cambio di CN (APWA/MARC, 2012)	44
Tabella 9 Valutazione dei VR associati ai diversi sistemi di BMP (APWA/MARC, 2012)	45
Tabella 10 Calcolo del Valore di Valutazione (APWA/MARC, 2012)	45
Tabella 11 Massime estensioni di BMP in base alla tipologia (APWA/MARC, 2012)	47
Tabella 12 I compiti dell'Ufficio Idrografico e Mareografico	52
Tabella 13 Gli strati conoscitivi fondamentali per la modellistica contenuti nel SIT	55
Tabella 14 Le fasi per la realizzazione del sistema di cartografia	55
Tabella 15 I vantaggi principali della centralizzazione grazie al SaaS	64
Tabella 16 Attribuzione del codice Corine alla tabella del metodo SCS-CN nell'ipotesi di suolo di tipo B	66
Tabella 17 Esempio di valutazione dell'impatto sulla qualità dell'acqua a seguito di un cambio di destinazione d'uso	71
Tabella 18 Esempio di valutazione del contributo di mitigazione rispetto all'impatto sulla qualità dell'acqua a seguito di un cambio di destinazione d'uso offerto dall'inserimento nel progetto di BMP e spazi aperti	72

Abstract

La necessità di controllare il consumo di suolo e difendere il valore eco sistemico delle risorse esistenti sono alla base dell'analisi degli impatti antropici e delle azioni da intraprendere per garantirne un uso sostenibile.

In linea con le indicazioni della Comunità Europea si predispose uno strumento per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo garantendo il rispetto dell'invarianza idraulica per la quale la risposta idrologica di un dato territorio in occasione di precipitazioni meteoriche deve mantenersi costante prima e dopo la trasformazione.

Il caso di studio è costituito dal miglioramento tecnologico verso l'interoperabilità online di un sistema di supporto alla decisione tramite evoluzione della tecnologia GIS-Geographic Information System per la valutazione degli impatti antropici utilizzando la metodologia SCS-CN Soil Conservation Service-Curve Number sviluppata dal Dipartimento di Agricoltura degli USA nel 1972.

Lo strumento è in grado di guidare i funzionari pubblici incaricato della valutazione dei nuovi progetti nella simulazione ex-ante e ex-post della trasformazione del territorio agricolo in urbanizzato e nella promozione dell'uso di BMP-Best Management Practice per migliorarne la risposta alla sollecitazione idrologica.

L'applicazione web, realizzata come servizio webGIS che si fonda sull'interoperabilità online di diversi utenti, definisce uno strumento per il controllo degli impatti degli interventi e per il governo del territorio.

The need of soil consumption control and of the conservation of eco-systemic values of existing resources are the basis of this analysis. Man-made impacts and actions to be taken into account to ensure sustainable are investigated.

Following the European Community guidelines, an instrument for limiting, mitigating and compensating soil sealing is set in place, ensuring that the hydrological response of a given area during precipitation must remain constant before and after transformation.

The case study consists of a technological improvement towards the online decision-making and interoperability through GIS-Geographic Information System evolution in the field of anthropic impact analysis; the application makes use of the SCS-CN Soil Conservation Service-Curve number method developed by the United States Department of Agriculture in 1972.

Public officials in charge of evaluating new projects in the ex ante and ex post simulation of the transformation of territorial agriculture into urbanized areas are guided by the tool. The application is therefore able to promote the use of BMP-Best Management Practice to improve the hydrological solicitation response.

The web application, built as a webGIS service, based on the online interoperability of multiple users, defines a tool for the control of man-made impact and for a BMP driven policy for boosting eco-systemic values.

Parole chiave

Land use change, information technology, environment, ecosystem services

Premesse e schema di lavoro

Il lavoro, coerente con le attività di ricerca e sviluppo promosse dall'Impresa Ekotec srl, Ente Finanziatore esterno della tesi di Dottorato Industriale, è articolato in capitoli; la prima parte di introduzione al contesto affronta lo studio del panorama legislativo in essere con una carrellata sullo stato della sensibilizzazione delle tematiche ambientali in tema di consumo suolo ed ecosystem services oltre alla disamina degli impatti della trasformazione del suolo sull'ambiente e all'inquadramento della gestione della risorsa acqua e delle forme di compensazione all'impermeabilizzazione del suolo esistenti.

Il secondo capitolo affronta materiali e metodi, illustra gli obiettivi individuati spiegando l'importanza dei modelli e degli indicatori nonché le tecniche per la simulazione e il controllo delle trasformazioni dell'uso del suolo oltre agli aspetti idrologici che sono presi in causa nel processo di valutazione dell'impatto della trasformazione. Il secondo capitolo definisce gli strumenti ICT Information & Communication Technology e spiega la tecnologia GIS – Geographic Information System e le potenzialità dello strumento scendendo nel particolare dei modelli cognitivi nel GIS.

Il terzo capitolo dei risultati e della discussione illustra l'applicazione proposta e in particolare la procedura per la simulazione della trasformazione.

L'ultima parte del lavoro si articola nelle conclusioni e nell'elenco bibliografico di riferimento.

1. INTRODUZIONE

Le aree urbane nel mondo sono influenzate, secondo studi recenti, dalla tendenza di assorbire tutta la crescita della popolazione dei prossimi quattro decenni. Ad oggi circa il 50% della popolazione esistente sul pianeta vive in aree urbane e, secondo le Nazioni Unite (UN, 2012), per il 2050 questa percentuale diventerà dell'ordine del 70%. Tra il 2009 e il 2050, la popolazione mondiale aumenterà di circa 2,3 miliardi passando da 6,8 a 9,1 miliardi di unità. Inoltre, la maggior parte della crescita della popolazione prevista nelle aree urbane (Figura 1) si concentrerà nelle città e nelle aree periferiche comportando un'ulteriore trasformazione di uso del suolo.

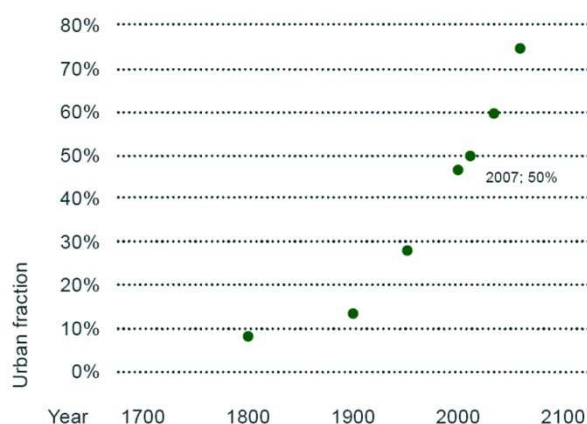


Figura 1 | La crescita della percentuale urbana della popolazione globale Fonte: Joint Programming Initiative Urban Europe, 2014

L'urbanizzazione è definita dalle Nazioni Unite come il movimento di persone dalle aree rurali a quelle urbane (UN, 2004) alla ricerca di una vita e di opportunità economiche migliori.

Oltre ai cambiamenti demografici che generano sfide diverse da una città all'altra, l'Agenzia Europea dell'Ambiente evidenzia come l'espansione delle città sia dovuta maggiormente, in ogni caso, al cambiamento di stili di vita e di modelli di consumo (EEA, 2006).

In Europa tra gli anni 1990 e 2006 si è avuto un aumento delle aree di insediamento pari a quasi il 9% passando da 176200 a 191200 km² (Commissione Europea 2012). La Commissione Europea (2012) ha emanato degli "Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo" con l'obiettivo di fornire informazioni sul livello di impermeabilizzazione del suolo nell'Unione Europea e i suoi impatti, nonché esempi di buone pratiche allo scopo di limitare, mitigare o compensare l'impermeabilizzazione dei suoli e garantire una migliore gestione del territorio.

Secondo gli "Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo" l'impermeabilizzazione del suolo ha effetti sui servizi ecosistemici essenziali nonché sulla biodiversità dove per servizi ecosistemici si intende ad esempio la produzione alimentare o l'assorbimento idrico o la capacità di filtraggio e tamponamento del suolo. Più in particolare, i servizi ecosistemici sono i benefici che le persone traggono dal funzionamento degli ecosistemi. Questi includono l'approvvigionamento di cibo, acqua dolce, materiali e combustibili, la regolazione del clima, delle inondazioni, delle malattie e della depurazione delle acque, gli aspetti culturali (inclusi quelli estetici e ricreativi) che si basano tutti sui servizi di sostegno (compresa la produzione primaria, la formazione del suolo e il riciclo dei nutrienti) (MEA, 2005).

L'urbanizzazione non pianificata e incontrollata è associata con la crescita urbana discontinua e diffusa. Questi modelli di sviluppo noti come *sprawl*, con la frammentazione delle aree edificate e bassa densità abitativa, aumentano l'estensione della città (UN-HABITAT, 2012) e costituiscono, secondo la Commissione Europea (2012), una delle principali minacce a uno sviluppo territoriale sostenibile.

Brueckner (2001) aggiunge come lo *sprawl* rappresenti l'espansione urbana disordinata e incontrollata verso le zone periferiche delle città unita al calo della densità abitativa. Con il termine *sprawl* si può intendere poi secondo alcuni (Galster et al. 2001, Haase e Nuissl, 2007) un modello di uso del suolo in una zona urbanizzata che presenta bassi livelli di una certa combinazione di otto distinte dimensioni: la densità, la continuità, la concentrazione, il clustering, la centralità, la nuclearità, gli usi misti e la vicinanza.

Di conseguenza l'attuale processo di urbanizzazione e conversione del paesaggio viene percepito come una delle principali sfide che siamo tenuti ad affrontare insieme agli spazi peri-urbani che hanno connotati di ambiguità, anarchia, e rischi sociali e ambientali connessi (Wescoat, 2015). Lo *sprawl* non correttamente gestito determina direttamente l'aumento dell'impermeabilizzazione che, di per sé, influisce fortemente sul suolo, diminuendo molti dei suoi effetti benefici e soprattutto incrementando gli impatti sulle risorse idriche. Per impermeabilizzazione del suolo la Commissione (2012) intende la costante copertura di un'area di terreno e del suo suolo con materiali impermeabili artificiali, come asfalto e cemento che è, in larga misura, determinata dalle decisioni in materia di pianificazione territoriale. La Commissione (2012) sottolinea che «la pianificazione territoriale può svolgere un ruolo importante nel favorire un uso più sostenibile dei terreni che prenda in considerazione la qualità e le caratteristiche di aree e funzioni del suolo diverse a fronte di obiettivi e interessi concorrenti». Come evidenziato dalla Commissione poi, le decisioni relative all'uso dei terreni, prese spesso senza effettuare un'adeguata analisi preventiva degli impatti, comportano impegni a lungo termine che è poi difficile, o molto costoso, invertire.

In tale contesto è quindi importante analizzare quali impatti hanno i fenomeni demografici sulla struttura socio-economica di una società, sugli ecosistemi e sulla qualità dell'ambiente in generale, per poter di conseguenza formulare un'efficace azione di pianificazione urbana sostenibile.

La chiave di lettura del presente lavoro è, infatti, la comprensione dell'esistenza di un duplice binario: da una parte il tema dello sviluppo del territorio, dall'altro il tema della tutela dell'ambiente. Il significato normalmente attribuito al termine *Territorio*, ha una valenza prevalentemente spaziale e come tale è il punto di riferimento delle logiche e delle pratiche della pianificazione fisica affidata alle diverse amministrazioni alla quale è affidata la gestione di quegli spazi. I termini *Ambiente-Paesaggio*, punto di riferimento dell'ecologia, invece, rivestono due significati: il primo è propriamente biologico in quanto si riferisce alle condizioni di vita fisiche, il secondo, è quello storico-culturale delle attività umane. Si intende quindi affrontare, nell'ambito specifico della risorsa acqua, i temi ambientali nella pianificazione degli usi del suolo che devono essere integrati con il supporto di strumenti di guida al pianificatore e a coloro che agiscono nel processo di urbanizzazione.

Il lavoro infatti, affronta come caso di studio la proposta di uno strumento operativo di supporto alle decisioni degli amministratori locali.

1.1 Il panorama legislativo

Il panorama legislativo che affronta la disciplina di tutela delle risorse acqua e suolo è molto ampio e disorganico poiché, evolutosi nel tempo, riguarda più livelli normativi: comunitario, nazionale, regionale e comunale.

La normativa comunitaria, detta norme unitarie ed omogenee per i vari stati membri, con la consapevolezza che le problematiche ambientali di un singolo stato membro, qualora trascurate e non opportunamente risolte potrebbero avere effetti negativi in grado di ripercuotersi anche sugli altri stati. In tal senso questo livello normativo svolge un ruolo di primaria importanza nella promozione della cultura e delle priorità ambientali nell'ambito delle istituzioni pubbliche degli stati membri. Il recepimento delle direttive comunitarie impone impegni economici, l'adeguamento dell'assetto normativo e l'esigenza di ridisegnare e attrezzare l'Amministrazione pubblica dei singoli stati membri in modo adeguato ai nuovi obiettivi comuni.

La Tabella 1 riporta le principali normative comunitarie considerate nel Allegato 1 - Quadro di riferimento normativo e programmatico del Rapporto Ambientale (ex art. 13 d.lgs. 152/2006) Valutazione Ambientale Strategica dell'Allegato Infrastrutture Dicembre 2015 al Documento di Economia e Finanza del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che forniscono il necessario contesto di azione nei riguardi delle tematiche relative alle risorse idriche superficiali o sotterranee, al suolo, ai rischi naturali, agli adattamenti climatici e all'ambiente urbano.

Tabella 1 | Le principali normative comunitarie considerate nel Allegato 1 - Quadro di riferimento normativo e programmatico del Rapporto Ambientale (ex art. 13 d.lgs. 152/2006) Valutazione Ambientale Strategica dell'Allegato Infrastrutture Dicembre 2015 al Documento di Economia e Finanza del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Atto comunitario	Indicazioni/Obiettivi	Tema
<i>Direttiva 2000/60/CE del 23 ott. 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque (così come aggiornata dalla Dir.2009/31/CE)</i>	La direttiva istituisce un quadro per la protezione: delle acque interne superficiali, delle acque sotterranee, delle acque di transizione e delle acque costiere. La direttiva quadro persegue molteplici obiettivi, quali la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento, la promozione di un utilizzo sostenibile dell'acqua, la protezione dell'ambiente, il miglioramento delle condizioni degli ecosistemi acquatici e la mitigazione degli effetti delle inondazioni e della siccità. Il suo obiettivo ultimo è raggiungere un «buono stato» ecologico e chimico di tutte le acque comunitarie entro il 2015.	Risorse idriche
<i>Direttiva 2006/118/CE sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento</i>	Per la protezione e la conservazione delle acque sotterranee, la Direttiva 2000/60/CE prevede (art. 17) l'adozione di una specifica direttiva, che stabilisce: - criteri per valutare il buono stato chimico delle acque sotterranee; - criteri per individuare e invertire le tendenze significative e durature all'aumento dell'inquinamento; - linee guida per la fissazione di valori soglia da parte degli Stati Membri.	Risorse idriche sotterranee
<i>Comunicazione della Commissione (COM /2006/ 231) "Strategia tematica per la protezione del suolo"</i>	Prevenire l'ulteriore degrado del suolo e mantenerne le funzioni quando: – il suolo viene utilizzato e ne vengono sfruttate le funzioni: in tal caso è necessario intervenire a livello di modelli di utilizzo e gestione del suolo; – il suolo svolge la funzione di pozzo di assorbimento/recettore degli effetti delle attività umane o dei fenomeni ambientali: in tal caso è necessario intervenire alla fonte; - riportare i suoli degradati ad un livello di funzionalità corrispondente almeno all'uso attuale e previsto, considerando pertanto anche le implicazioni, in termini di costi, del ripristino del suolo. La direttiva consente agli Stati membri di stabilire gli obiettivi secondo le proprie ambizioni e di scegliere le misure da inserire nei programmi e le strategie di bonifica che essi ritengono più valide e più efficaci in termini di costi.	Suolo

Atto comunitario	Indicazioni/Obiettivi	Tema
<i>"Attuazione della Strategia Tematica per la protezione del suolo e attività in corso" (COM (2012) 46 def.)</i>	La relazione fornisce una visione d'insieme sull'attuazione della Strategia tematica per la protezione del suolo - finalizzata a proteggere il suolo consentendone un uso sostenibile, attraverso la prevenzione di un'ulteriore degradazione, la tutela delle funzioni del suolo e il ripristino dei suoli degradati - sin dall'adozione avvenuta a settembre 2006.	Suolo
<i>Direttiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2007 su valutazione e gestione dei rischi di alluvioni</i>	Creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture. Predisporre, a livello di distretto idrografico o unità di gestione, mappe della pericolosità da alluvione e mappe del rischio di alluvioni. Definire piani di gestione del rischio di alluvioni coordinati a livello di distretto idrografico o unità di gestione	Suolo e rischi naturali, clima
<i>Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo (SWD (2012) 101def.)</i>	Documento di lavoro dei servizi della Commissione Europea, contenente orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo, nello specifico: - limitare l'impermeabilizzazione del suolo attraverso una riduzione del terreno occupato oppure il riutilizzo di terreni già edificati, nonché tramite il consolidamento delle infrastrutture di trasporto pubblico; - mitigare gli effetti dell'impermeabilizzazione del suolo, ad esempio attraverso l'uso di materiali e superfici altamente permeabili, l'infrastruttura verde e la raccolta di acqua; - compensare l'impermeabilizzazione del suolo, tramite: riutilizzo del terreno arabile scavato quando si impermeabilizza un'area per sfruttarlo altrove; de impermeabilizzazione di una zona (recupero del suolo) per compensare l'impermeabilizzazione di un'altra; eco-account e scambio di certificati di sviluppo; raccolta di una tassa sull'impermeabilizzazione del suolo da usare per la protezione del terreno o altri scopi ambientali; - attività di sensibilizzazione.	Aria energia, e clima
<i>Comunicazione "Strategia tematica sull'ambiente urbano" COM(2005) 718 def.</i>	L'Unione Europea stabilisce misure di cooperazione e linee direttive volte al miglioramento dell'ambiente urbano. Tali misure vertono essenzialmente sullo scambio di esperienze e la diffusione delle informazioni ai livelli più appropriati al fine di garantire un'attuazione efficace della normativa e di favorire le migliori pratiche all'interno delle autorità locali.	Ambiente urbano

La normativa nazionale, come secondo livello normativo, recepisce le direttive europee integrandole, quando necessario, in funzione delle peculiarità nazionali. Susseguentemente, nella scala regionale e provinciale si fa riferimento a tipologie di strumenti normativi di tipologie differenti che influenzano direttamente la normativa di livello comunale.

In Italia, secondo il saggio "Il governo del territorio – Aspetti culturali, evoluzione normativa" di Francesco Mirabelli (2002), il concetto di tutela dell'Ambiente, soprattutto per quanto riguarda la tutela del paesaggio e del patrimonio artistico e storico, è rimasto a lungo affidato soprattutto a due leggi fondamentali, la Legge n.1497/1939 sulla protezione delle bellezze naturali e panoramiche e la Legge n.1089/1939 sulla protezione delle cose di interesse artistico e storico, compresi i beni archeologici, che si configuravano come norme settoriali che consideravano i beni in modo puntuale, avulsi cioè dal contesto territoriale contenente. Negli anni '70 si è cercato poi di chiarire il concetto di ambiente presente nella terminologia legislativa urbanistica.

Negli anni '80, poi, sulla spinta dell'emergenza avvertita dall'opinione pubblica intorno ai problemi ambientali nascono le disposizioni di tutela delle zone di particolare interesse ambientale contenute nella legge n.431/85 (cosiddetta Legge Galasso).

Un importante passo avanti nell'ambito del rapporto tra bellezze naturali, beni e paesaggio è stata, nel 1986 con Legge n.344, l'istituzione del Ministero dell'Ambiente. Questo riferimento istituzionale nazionale unitario ha consentito di passare da una visione dell'ambiente settoriale ad una globale.

Compito fondamentale del Ministero è, difatti, per l'art. 1, comma 2, della legge n. 349 del 8 luglio 1986, quello di *“assicurare, in un quadro organico, la promozione, la conservazione, e il recupero delle condizioni ambientali della collettività e della qualità della vita, nonché la conservazione e la valorizzazione del patrimonio naturale nazionale e la difesa delle risorse naturali dall'inquinamento”*.

Il Codice dei beni culturali e del paesaggio, Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 ha attribuito poi al Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo il compito di tutelare, conservare e valorizzare il patrimonio culturale italiano inteso come beni culturali e beni paesaggistici.

In tempi più recenti, nell'affermazione dei temi ambientali, ha avuto un ruolo significativo la Comunità Europea. A seguito dello stimolo delle direttive comunitarie, infatti, in Italia sono state prodotte una serie di leggi di settore che tuttavia, a tutt'oggi, sono parzialmente attuate. Il tentativo è quello di procedere verso la regolamentazione degli usi del suolo prodotta per mezzo dell'operazione di governo del territorio e delle acque coniugando sviluppo economico e sociale con tutela dell'ambiente.

In tal senso un primo sforzo era già stato portato avanti dalle Autorità di Bacino, istituite dalla Legge 183/1989, con il *“Piano di Bacino”*.

Il Piano di Bacino, piano sovraordinato avente valore di piano territoriale di settore, pur non essendo un piano urbanistico in senso proprio, poteva tuttavia, nel perseguimento di obiettivi di carattere ambientale, effettuare valutazioni urbanistiche.

In merito a queste caratteristiche il piano di bacino è stato considerato come il cosiddetto *“piano dei piani”*, inteso come uno strumento a scala territoriale in cui ambiente e trasformazioni urbanistiche trovassero una sintesi che fungesse da base per il resto della pianificazione superando la dicotomia tra tutela e sviluppo (Mirabelli, 2002).

Il Piano di bacino come piano territoriale di settore è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato (L. 183/1989, art. 17, comma 1). A seguito dell'entrata in vigore del decreto legislativo del 3 aprile 2006 n. 152, la legge 183/89 è stata abrogata (art. 64) e sono state soppresse le Autorità di bacino (art. 63 c. 3), con l'istituzione dei *“distretti idrografici”*.

Occorre evidenziare come la tutela si configuri come una delle componenti del governo del territorio nel quale le varie componenti non rivestono tutte lo stesso livello gerarchico. Il governo del territorio viene definito dal Disegno di legge approvato dalla Camera dei deputati il 28 giugno 2005, in un testo risultante dall'unificazione dei disegni di legge presentati nel corso della XIII legislatura (*“Legge Lupi”*) come l'insieme delle attività conoscitive, valutative, regolative, di programmazione, di localizzazione e di attuazione degli interventi, nonché di vigilanza e di controllo, volte a perseguire la tutela e la valorizzazione del territorio, la disciplina degli usi e delle trasformazioni dello stesso e la mobilità in relazione a obiettivi di sviluppo del territorio. Il governo del territorio comprende altresì l'urbanistica, l'edilizia, l'insieme dei programmi infrastrutturali, la difesa del suolo, la tutela del paesaggio e delle bellezze naturali, nonché la cura degli interessi pubblici funzionalmente collegati a tali materie.

La Legge Costituzionale 18 ottobre 2001, n. 3, modificando il Titolo V della Costituzione e in particolare l'art. 117 relativo alle materie di competenza esclusiva dello Stato e concorrente delle Regioni, distingue la tutela ambientale rispetto al governo del territorio. In particolare, la modifica dell'art. 117 eleva la tutela dell'ambiente ad elemento fondamentale per la vita dell'uomo: spetta allo Stato la potestà legislativa esclusiva in materia di tutela dell'ambiente, dell'ecosistema e dei beni culturali, spetta alle Regioni la potestà legislativa nelle materie di legislazione concorrente tra cui il governo del territorio, salvo che per la determinazione dei principi fondamentali, riservata alla legislazione dello Stato. La componente della tutela ambientale si caratterizza, pertanto, come sovraordinata rispetto alle altre componenti quali ad esempio lo sviluppo economico e il benessere sociale.

Per quanto riguarda il governo del territorio è in vigore la cosiddetta "Legge Urbanistica" N.1150 del 1942 oltre alle numerose leggi regionali mentre è ancora al Senato, nel suo sofferto iter legislativo, la prima normativa italiana a tutela del suolo. Il Disegno di legge Contenimento del consumo di suolo e riuso del suolo edificato (AS N. 2383) ha come finalità quella di dettare *"principi fondamentali per la valorizzazione e la tutela del suolo, con particolare riguardo alle superfici agricole e alle aree sottoposte a tutela paesaggistica, al fine di promuovere e tutelare l'attività agricola, il paesaggio e l'ambiente, nonché di contenere il consumo di suolo quale bene comune e risorsa non rinnovabile che esplica funzioni e produce servizi ecosistemici, anche in funzione della prevenzione e della mitigazione degli eventi di dissesto idrogeologico e delle strategie di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici"*.

Al livello comunale rimane, tuttavia, il controllo operativo delle trasformazioni del territorio, guidate dagli strumenti di pianificazione che possono essere distinti (Cappuccitti, 2014) in cinque categorie:

- Piani territoriali urbanistici,
- Piani ambientali,
- Strumenti di programmazione territoriale urbanistica,
- Programmi complessi,
- Piani e programmi di settore con rilevanza territoriale urbanistica.

Il livello di pianificazione comunale ha come tipologia generale il Piano Regolatore Generale (in alcuni casi articolato in Piano strutturale per il lungo periodo e il Piano operativo per progetti di trasformazione nel breve e medio periodo) che è lo strumento principale definito dalla Legge Urbanistica e come tipologia attuativa, finalizzata a precisare e dettagliare il PRG nelle zone che questo individua come bisognose di intervento i Piani particolareggiati di esecuzione, la Lottizzazione Convenzionata, i Piani di Edilizia Economica e Popolare e i Piani di Recupero.

Sulla base degli strumenti di pianificazione a livello comunale i professionisti che si trovano ad operare il territorio sono poi tenuti a richiedere la concessione edilizia (o permesso di costruire) che regola il diritto edificatorio consentito su ogni ambito di territorio.

1.2 Stato della sensibilizzazione delle tematiche ambientali: consumo suolo e ecosystem services

In anni recenti il concetto di sviluppo territoriale sta gradualmente orientandosi nella valorizzazione delle pratiche di sviluppo ecologicamente sostenibile, Ecologically Sustainable Development (ESD), in grado di preservare la qualità e quantità di risorse naturali per garantire lo sviluppo sostenibile introdotto per la prima volta nel Rapporto Brundtland (Our Common Future) del 1987 dalla Commissione Mondiale sull'ambiente e lo sviluppo – WCED.

Per sviluppo sostenibile di conseguenza si intende quel processo finalizzato al raggiungimento di obiettivi di miglioramento ambientale, economico, sociale ed istituzionale, sia a livello locale che globale; tali obiettivi risultano connessi in un rapporto di interdipendenza (Figura 2).

Il processo di sviluppo sostenibile, in linea con le normative comunitarie, collega la tutela e la valorizzazione delle risorse naturali, tra cui quella idrica e del suolo nelle sue varie tipologie, alla dimensione economica, sociale ed istituzionale, al fine di soddisfare i bisogni delle attuali generazioni, evitando di compromettere la capacità delle future di soddisfare i propri e si oppone, di conseguenza, al degrado del patrimonio e delle risorse naturali considerate di fatto esauribili.



Figura 2 | Le componenti dello sviluppo sostenibile

Le attività antropiche, non sempre adeguatamente governate, che portano a trasformazioni dell'uso del territorio, possono quindi produrre impatti sul patrimonio naturale.

Le conseguenze del processo di artificializzazione del territorio sono la perdita consistente di servizi ecosistemici e l'aumento dei “costi nascosti” definiti dalla Commissione Europea (Commissione Europea, 2013), dovuti alla crescente impermeabilizzazione del suolo. I servizi ecosistemici o *ecosystem services* (Figura 3) sono definibili come tutti i benefici che si ottengono, direttamente o indirettamente, dagli ecosistemi (Romano et al., 2015).



Figura 3 | La multisettorialità degli Ecosystem Services da <http://uknea.unep-wcmc.org/>

Negli ultimi anni un segnale decisivo verso la sostenibilità ambientale è rappresentato dalle direttive comunitarie che recepiscono le esigenze di contrastare il degrado degli ecosistemi acquatici e terrestri, associato al rischio per la salute umana, alla diminuzione della qualità della vita, nonché alle perdite in termini di vite umane e di perdite economiche causate dagli eventi disastrosi (Romano et al., 2015).

La classificazione CICES *Common International Classification of Ecosystem Services* (Haines-Young and Potschin, 2013; ISPRA, 2016) in Tabella 2 articola i servizi ecosistemici nelle seguenti categorie:

- servizi di approvvigionamento (prodotti alimentari e biomassa, materie prime, etc.);
- servizi di regolazione e mantenimento (regolazione del clima, cattura e stoccaggio del carbonio, controllo dell'erosione e dei nutrienti, regolazione della qualità dell'acqua, protezione e mitigazione dei fenomeni idrologici estremi, riserva genetica, conservazione della biodiversità, etc.);
- servizi culturali (servizi ricreativi e culturali, funzioni etiche e spirituali, paesaggio, patrimonio naturale, etc.).

Tabella 2 | Classificazione dei servizi ecosistemici secondo il CICES (Haines-Young and Potschin, 2013)

Section	Division	Group
Provisioning	Nutrition	Biomass Water
	Materials	Biomass, Fibre Water
	Energy	Biomass-based energy sources Mechanical energy
Regulation & Maintenance	Mediation of waste, toxics and other nuisances	Mediation by biota Mediation by ecosystems
	Mediation of flows	Mass flows Liquid flows Gaseous / air flows
	Maintenance of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection
		Pest and disease control
		Soil formation and composition
		Water conditions
		Atmospheric composition and climate regulation
Cultural	Physical and intellectual interactions with ecosystems and land-/seascapes	Physical and experiential interactions
		Intellectual and representational interactions
	Spiritual, symbolic and other interactions with ecosystems and land-/seascapes	Spiritual and/or emblematic
		Other cultural outputs

Il Decreto Legislativo 4 marzo 2014, n. 46 (Attuazione della direttiva 2010/75/UE relativa alle emissioni industriali, concernente la prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento), definisce il suolo come “lo strato più superficiale della crosta terrestre situato tra il substrato roccioso e la superficie. Il suolo è costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi”.

Il suolo è il risultato di complessi e continui fenomeni di interazione tra le attività umane e i processi chimici e fisici e svolge un ruolo strategico per il mantenimento dell'equilibrio dell'intero ecosistema (APAT, 2008; ISPRA, 2015; ISPRA, 2016).

Il complesso dei principali processi, cause ed effetti del consumo di suolo in Italia è stato rappresentato schematicamente (Figura 4) da ISPRA (2016), adattando il modello DPSIR (determinanti, pressioni, stato, impatti, risposte) messo a punto dall’Agenzia Europea per l’Ambiente (EEA, 1999; Commissione Europea, 2011).

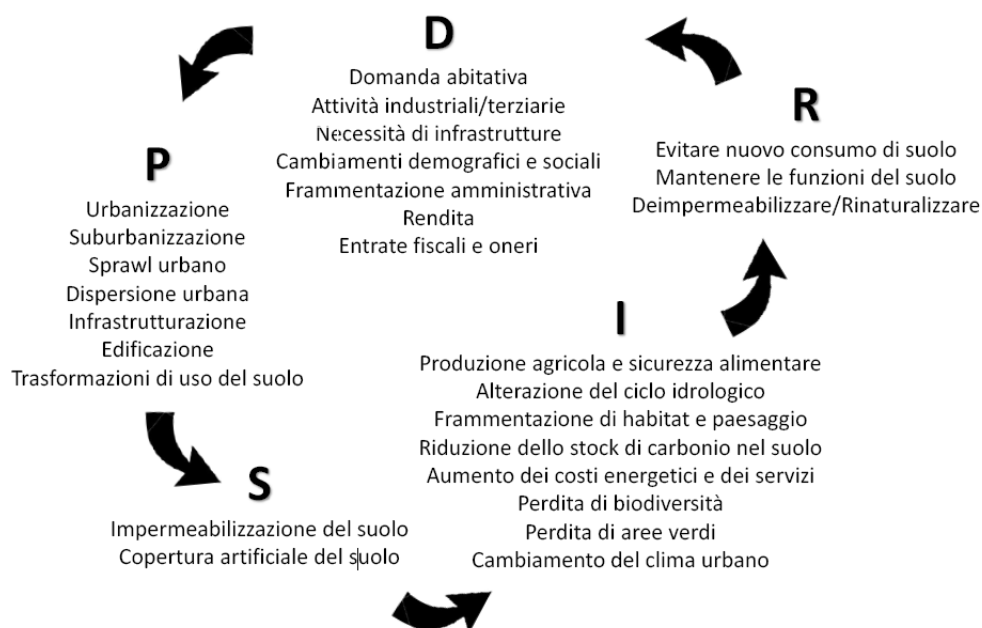


Figura 4 | Il modello DPSIR (determinanti, pressioni, stato, impatti, risposte) applicato al consumo di suolo (ISPRA 2016)

Le azioni antropiche, come lo sviluppo urbano e infrastrutturale o l’uso delle risorse naturali, sono costrizioni esterne sugli ecosistemi che ne alterano l’equilibrio con ricadute in termini di riduzione della sua funzionalità (Romano et al., 2015). In particolare, nuovi modelli sociali ed economici hanno fortemente alterato il rapporto tra una città compatta e densa e un tessuto esterno prevalentemente agricolo e naturale andando ad “aggredire” proprio quei territori di margine dove non si parla più di ambiti tra città e campagna ma di “rururbano”, “periurbano” (Dèzert et al., 1991), “campagne urbane” (Palazzo, 2008).

I piani urbanistici e territoriali hanno spesso assecondato il fenomeno dello sprawl con previsioni di espansioni eccessive incentivate dal ritorno economico garantito dagli oneri di urbanizzazione e la tassazione degli immobili (Commissione Europea, 2012) soprattutto ai margini delle aree urbane esistenti e in corrispondenza di aree a bassa densità.

ISPRA ha effettuato delle valutazioni in termini di percentuale di superficie impermeabilizzata o artificializzata a causa della modifica dell’uso del suolo (Figure 5 e 6) capace di generare pressioni elevate sulle aree agricole, naturali e semi naturali secondo le quali in Italia ogni secondo si perdono 4 mq di suolo (ISPRA, 2016).

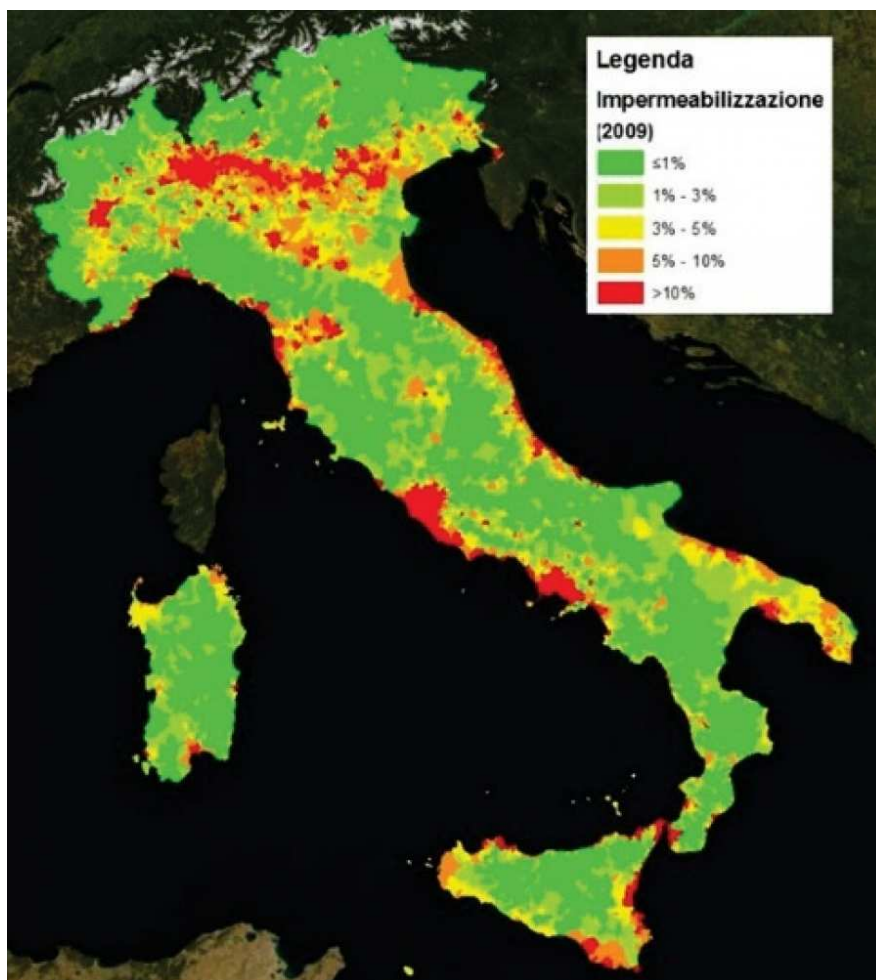


Figura 5 | Percentuale di impermeabilizzazione del suolo a livello comunale (Elaborazioni ISPRA su dati Copernicus, 2009 e dati ISPRA/ARPA/APPA, 2013)

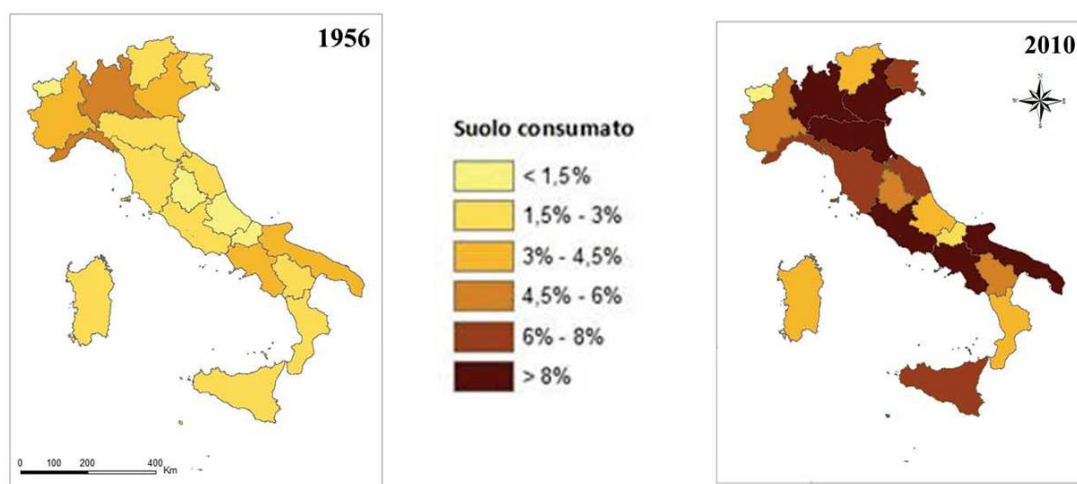


Figura 6 | Evoluzione del consumo di suolo per regione (ISPRA, 2013)

Nelle aree di margine (Figura 7), soprattutto, gli impatti antropici sono significativi e portano alla riduzione o alla perdita delle funzioni del suolo e a conseguenze negative sui servizi ecosistemici e sulla biodiversità e alla frammentazione del paesaggio.

Le aree di margine sono intese come qualcosa di esteso ma non riconducibile a priori ad una forma predefinita, uno spazio che implica una contaminazione, un'ibridazione, una transizione, un cambiamento, una trasformazione (Palazzo, 2006; Romano, 2013).



Figura 7 | Ambrogio Lorenzetti, “Effetti del buono e del cattivo governo in città e in campagna”, particolare, 1337-1339

La trasformazione di territorio avviene chiaramente prevalentemente nelle aree agricole, naturali e semi naturali dove esistono maggiori potenzialità economiche connesse con un cambio di uso del suolo.

L'incremento della copertura artificiale a scapito di queste aree causa una profonda alterazione biofisica del suolo (ISPRA, 2016) praticamente irreversibile.

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), recentemente istituito da una norma nazionale (Legge “Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale” del 28 giugno 2016, n. 132, pubblicata in GU Serie Generale n.166 del 18/07/2016) che entrerà in vigore il 14/01/2017, tra le Agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province Autonome, e ISPRA sottolinea l'importanza di monitorare le trasformazioni del territorio e la perdita di suolo naturale, agricolo e semi naturale, inteso come risorsa ambientale essenziale e fondamentalmente non rinnovabile a causa dei tempi estremamente lunghi di formazione e di ripristino del suolo.

In Italia si è ancora in attesa dell'approvazione della norma specifica sul consumo di suolo, in discussione in Parlamento, che possa formalizzarne il progressivo rallentamento e futuro azzeramento. La necessità affrontata dalla norma e richiesta dall'Europa, del contrasto al fenomeno del consumo del suolo è segnalata anche da un recente studio di ISPRA (ISPRA, 2016) che sottolinea come la progressiva espansione delle infrastrutture e delle aree urbanizzate stia continuando a causare un forte incremento delle superfici artificiali.

Sukhdev et al. (2014), il Millennium Ecosystem Assessment dell'ONU (MEA, 2005), The economics of ecosystems & biodiversity della Commissione Europea (2008) e molti altri studi hanno chiaramente messo in evidenza le relazioni esistenti tra la struttura e le funzioni degli ecosistemi e il benessere umano, dimostrando come i servizi ecosistemici rappresentino un concetto unificante nella valutazione del legame tra risorse ambientali, sistemi economici e sistemi sociali.

Servizi come quelli di approvvigionamento, di regolazione, di supporto e culturali, svolti dagli ecosistemi, spesso in rapporto sinergico, ma talvolta in condizioni di conflittualità, richiedono l'individuazione di adeguate modalità di gestione e di governance.

Evidente è quindi l'urgenza specifica di valutazioni dell'impatto della crescita della copertura artificiale del suolo, che causa la perdita di una risorsa fondamentale e impatta sulle sue funzioni e sui relativi servizi ecosistemici.

1.3 Gli impatti della trasformazione del suolo, i fattori di degrado ambientale

Il deterioramento del suolo ha ripercussioni dirette sulla qualità delle acque e dell'aria, sui cambiamenti climatici, sulla sicurezza dei prodotti destinati all'alimentazione umana e animale e impatta direttamente sulla salute dei cittadini (ISPRA, 2016). Un aspetto da considerare è che il deterioramento dei suoli ha conseguenze dannose quindi su molteplici aspetti ambientali, dalla perdita di identità dei territori rurali nell'ambito paesaggistico, sociale e culturale agli aspetti di funzionalità dei servizi eco sistemici, all'effetto di mitigazione della temperatura, alla frammentazione ambientale e alla regimazione e gestione delle acque.

L'impatto rappresenta una pressione su un "bersaglio ambientale" che provoca alterazioni significative dove per alterazioni si intendono in modo strettamente ecosistemico aspetti come i flussi bidirezionali di materia ed energia tra i diversi elementi che caratterizzano l'ambiente (Malcevski, 1991).

Secondo ISPRA (2012), pertanto, il suolo è una risorsa vitale che fornisce servizi fondamentali alle attività umane e agli ecosistemi e la progressiva espansione delle aree urbanizzate in Italia comporta una forte accelerazione dei processi di consumo del suolo agricolo o naturale. Tra gli effetti principali del consumo del suolo infatti si trova l'aumento della sua impermeabilizzazione che esercita una forte pressione sulle risorse idriche riducendo l'assorbimento di pioggia nel suolo, e, in casi estremi, impedendolo completamente. La conseguenza diretta è infatti, il cambiamento nello stato ambientale dei bacini di raccolta delle acque.

L'infiltrazione di acqua piovana nei suoli, ridotta dall'impermeabilizzazione, consente anche che essa impieghi più tempo per raggiungere i fiumi, riducendo la portata o allontanandola nel tempo e quindi riducendo il rischio di inondazioni (mitigazione naturale delle alluvioni da parte del territorio). In molti casi si assiste alla copertura del terreno con materiali impermeabili (soil sealing). In questi casi, le dinamiche insediative vanno spesso a incidere su terreni agricoli fertili, mettendo a repentaglio la biodiversità e aumentando il rischio di inondazioni e di riduzione delle risorse idriche. I dati di ISPRA (2012) mostrano un consumo di suolo elevato in quasi tutto il territorio italiano dove si consumano più di cento ettari al giorno. È quindi evidente l'opportunità e l'urgenza di adottare misure per limitare e contenere il consumo di suolo attraverso un approccio finalizzato alla promozione della progettazione sensibile all'ambiente e alla definizione e all'implementazione di misure di mitigazione volte al mantenimento delle funzioni del suolo e alla riduzione degli effetti negativi sull'ambiente del soil sealing.

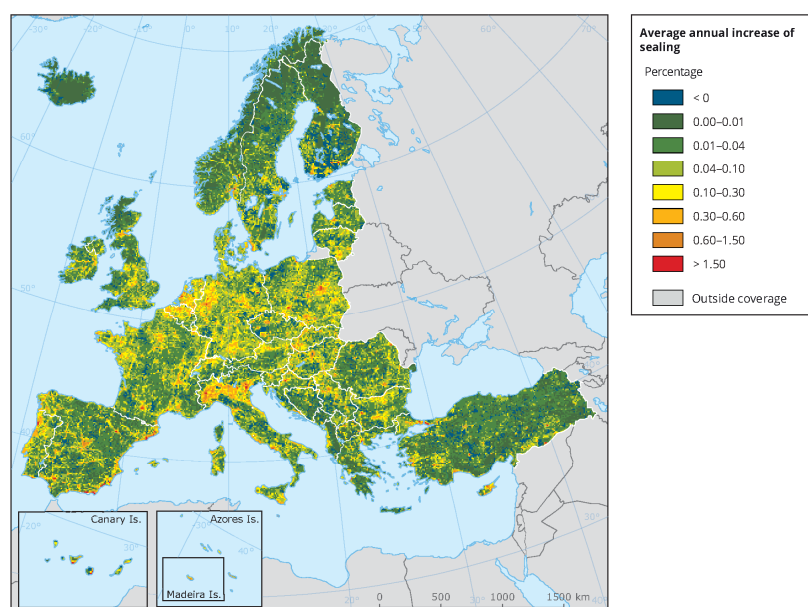


Figura 8 | Rappresentazione dell'incremento annuale medio del fenomeno del soil sealing secondo la European Environment Agency (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps>) tra il 2006 e il 2009

Tra gli effetti che i nuovi interventi possono generare sulla risorsa idrica si trova, tra l'altro, quello dell'erosione del suolo. L'erosione del suolo non solo impatta sulla fertilità stessa del suolo in campo agricolo ma impatta anche perché nutrienti sono versati nei corpi idrici causandone l'inquinamento. L'interazione tra questi fattori è complessa e richiede ancora un approccio sperimentale atto a comprendere le conseguenze del fenomeno per usi del suolo differenti (Petroselli et al., 2014). Indiscutibile è la necessità di considerare le acque di ruscellamento come una delle principali fonti di degrado della risorsa idrica. Secondo Benassi (2003) “la conciliazione di usi differenti, la conservazione degli ecosistemi e la tutela delle risorse non rinnovabili necessitano di un approccio integrato che tenga conto dell'acqua dolce come una risorsa multifunzionale”. Come evidenziato da Giorgi e Pistocchi (2002), le piogge che cadono su un bacino idrografico subiscono due tipi di processi che determinano l'entità delle piene a valle: l'infiltrazione nei suoli e l'immagazzinamento superficiale. Un “coefficiente di deflusso”, che rappresenta la percentuale della pioggia che raggiunge il corpo recettore descrive il primo processo. La capacità di “laminazione” ovvero la capacità di trattenere i volumi che scorrono in superficie rallentandone il flusso definisce il secondo processo. La trasformazione del suolo naturale in suolo ad elevata impermeabilizzazione comporta che i deflussi vengano canalizzati e le superfici vengano regolarizzate accelerando il deflusso (Figura 8). La diretta conseguenza è quindi l'aumento dei picchi di piena che può portare a situazioni di rischio idraulico oltre alla riduzione di apporti alla falda per il rapido esaurimento dei deflussi.

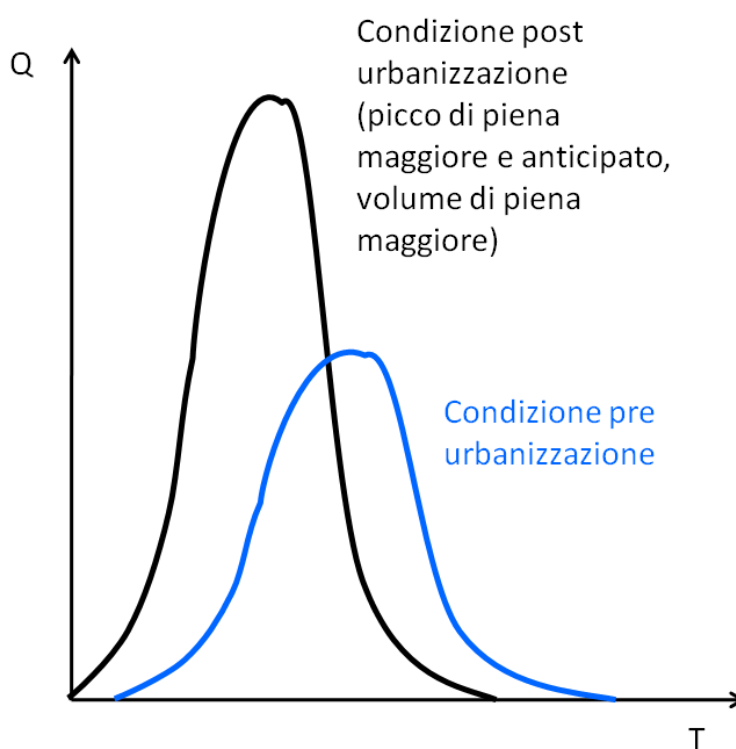


Figura 9 | Rappresentazione dell'idrogramma di piena in situazione ante e post urbanizzazione

Tra gli impatti del consumo di suolo sugli ecosystem-services nell'ambito del gruppo di benefici di regolazione si trova, infatti, l'impatto sulla gestione dei flussi di acqua superficiale.

L'eccessivo consumo di territorio, con disboscamenti, cementificazioni ed impermeabilizzazioni del terreno contrasta con il cosiddetto principio di invarianza idraulica. Il principio di invarianza idraulica prevede il mantenimento costante della quantità di acqua che una porzione di territorio produce in occasione di determinate precipitazioni meteoriche prima e dopo la realizzazione di un intervento di trasformazione.

La trasformazione, per essere sostenibile, dovrebbe mantenere costante questa quantità di acqua prodotta; quindi, se si impermeabilizzano porzioni più o meno vaste di territorio, riducendone le naturali capacità di ritenzione idrica originarie, è necessario ed obbligatorio realizzare opere di immagazzinamento delle acque di pioggia intensa in modo tale da evitare ogni possibile danno da alluvione.

Le opere per garantire proprio quello che in ingegneria idraulica viene definito come effetto di laminazione delle piene devono essere in grado di restituire alla falda la quantità di acqua sottratta e immagazzinata solo successivamente allo scroscio di pioggia intensa garantendo il mantenimento della funzione che svolge naturalmente il suolo non urbanizzato.

Per la Commissione Europea (2012), “Il suolo svolge una gamma molto ampia di funzioni vitali per l’ecosistema, ha infatti un ruolo cruciale nella produzione alimentare oltre che di materiali rinnovabili come il legname, creando habitat adatti alla biodiversità del sottosuolo e di superficie, filtrando e moderando il flusso d’acqua verso le falde, rimuovendo le sostanze contaminanti, riducendo frequenza e rischio di alluvioni e siccità; inoltre aiuta a regolare il microclima in ambienti ad alta densità urbana, soprattutto laddove sostiene la vegetazione, oltre a svolgere funzioni estetiche a livello paesaggistico.”

L’impatto dell’impermeabilizzazione influisce fortemente sul suolo diminuendone gli effetti benefici e impedendo l’infiltrazione della pioggia e lo scambio di gas tra suolo e aria (Figura 9). Lo strato di suolo che garantisce gli effetti benefici è pericolosamente oggetto di minaccia in quanto risorsa pressoché non rinnovabile poiché si impiegano secoli per formarne anche solo un centimetro.

Gli impatti principali che l’impermeabilizzazione del suolo produce sono, secondo la Comunità Europea (2012):

1. sulle risorse idriche
2. sulla biodiversità del sottosuolo e di superficie
3. sulla sicurezza alimentare
4. sul ciclo del carbonio
5. sulla riduzione dell’evapotraspirazione
6. sulla qualità dell’aria
7. sul legame tra i cicli chimici e biologici
8. sul peggioramento della qualità della vita.

In particolare la forte pressione esercitata sulle risorse idriche modifica i bacini di raccolta delle acque riducendo l’assorbimento di pioggia nel suolo, e in casi estremi, impedendolo completamente.

Inoltre, in genere l’infiltrazione di acqua piovana nei suoli contribuisce a rallentare il flusso dell’acqua riducendo quindi il rischio di inondazioni tramite un effetto di mitigazione naturale delle alluvioni da parte del territorio.



Figura 10 | Schematizzazione del processo che comporta effetti negativi sull’ambiente

L'assorbimento nel suolo delle risorse idriche da parte delle piante riduce l'incidenza della siccità oltre a diminuire la dipendenza dagli impianti artificiali; la capacità del suolo (e della vegetazione che vi cresce) permette, infatti, di immagazzinarle temporaneamente.

Nelle aree urbane poi, dove il suolo è molto impermeabilizzato, spesso la capacità del sistema fognario risulta insufficiente per l'elevato deflusso idrico che provoca inondazioni in superficie.

L'impermeabilizzazione influisce sulla biodiversità del sottosuolo e di superficie in quanto questi ospitano microrganismi la cui esistenza produce numerosi benefici come il contributo alla decomposizione del materiale organico, al riciclo dei nutrienti nonché al sequestro e allo stoccaggio di carbonio. Il sottosuolo fornisce un habitat per la biodiversità o contribuisce almeno in alcune fasi della vita o del loro sviluppo, per la riproduzione, la nidificazione o l'alimentazione di molti animali.

La Commissione Europea (2012) ricorda l'evidenza degli impatti nel settore agricolo e sulla sicurezza alimentare in Europa in quanto insediamenti urbani sono sempre sorti prevalentemente vicino alle zone più fertili (Gardi et al., 2015). Le trasformazioni di questi territori impattano anche nel ciclo del carbonio contenuto nei terreni arabili e rimosso durante le attività edilizie. Inoltre la riduzione della capacità di evapotraspirazione nelle aree urbane contribuisce in misura significativa a produrre l'effetto noto come "isola di calore urbano". L'effetto di "isola di calore urbano" a causa della perdita di vegetazione per l'impermeabilizzazione del suolo, infatti, si combina, aggravandolo, con quello prodotto dal condizionamento e dal raffreddamento dell'aria, oltre che al calore prodotto dal traffico soprattutto in zone della città densamente impermeabilizzate mentre, al contrario il suolo aperto/vegetazione produce un effetto refrigerante (Wolff et al., 2011).

La qualità dell'aria negli insediamenti urbani è direttamente influenzata dalla vegetazione specialmente di alberi e arbusti che possono catturare particelle sospese e assorbire gas inquinanti o agire sulla velocità e sulla turbolenza del vento.

Dal punto di vista biologico l'impermeabilizzazione del suolo e quindi il soil sealing impedisce alla biodiversità del suolo, e quindi a microrganismi e organismi più grandi come i lombrichi (Turbé et al., 2010), di riciclare la materia organica rompendo il legame tra i cicli chimici e biologici degli organismi terrestri. Impermeabilizzazione e sprawl urbano possono poi degradare il paesaggio e l'assenza di spazi verdi e corridoi verdi in una città che ne conseguono influiscono negativamente sull'umidità e la temperatura peggiorando la qualità della vita.

Per quanto riguarda ulteriormente il concetto di deflusso superficiale occorre sottolineare quanto ribadito dalla Commissione Europea (2012) che un suolo coperto da vegetazione assorbe molta più acqua di uno coperto da materiale impermeabile o semi-impermeabile. Il deflusso superficiale può, quindi, essere considerevolmente ridotto aumentando la percentuale di suoli aperti. L'impermeabilizzazione del suolo nelle aree edificate (soprattutto in pianure alluvionali e zone di ritenzione idrica) riduce la capacità di immagazzinare acqua, aumentando il rischio di alluvione e danni da inondazione. In ambiente urbano l'acqua in eccesso che non è assorbita o che è rilasciata solo lentamente dal suolo o dalle falde crea un deflusso superficiale che defluisce in fognature e tubature invece di penetrare nel suolo, contribuendo all'effetto isola di calore.

L'impermeabilizzazione del suolo impatta anche dal punto di vista qualitativo sull'ambiente e in particolare sulla qualità delle acque superficiali. Al contrario di quanto avviene nel suolo, quando le precipitazioni penetrano nel suolo dove alcuni inquinanti sono trattenuti dal terreno, mentre altri sono decomposti dai microrganismi, volumi notevoli di pioggia inquinata non possono tutti essere filtrati passando attraverso il suolo, per cui si arriva al degrado di fiumi, laghi e habitat acquatici.

Per ISPRA (2016) occorre assicurare la comprensione delle conseguenze dei processi di trasformazione dell'uso del suolo per esprimere e quantificare l'impatto delle perdite di suolo e del degrado a scala locale soprattutto nelle aree meno resilienti, in cui i legami tra biodiversità, paesaggio, fattori sociali e attività economiche sono più forti.

1.4 La gestione della risorsa acqua e forme di compensazione all'impermeabilizzazione

Negli ultimi anni si è assistito globalmente alla crescita del numero di iniziative per la gestione delle acque urbane in una maniera più sostenibile sottintendendo i principi di conservazione della risorsa, di gestione integrata del ciclo idrologico, di riduzione degli sprechi e di protezione ambientale.

Tra i principali elementi alla base di queste iniziative si può includere la gestione delle acque di pioggia in urbano come una risorsa e la protezione dei corpi idrici recettori e degli ecosistemi acquatici.

Il Dipartimento di Agricoltura degli Stati Uniti d'America già dal 1986 (USDA 1986) suggeriva, nell'ambito di programmi istituiti per contrastare il consumo di suolo e la conversione di aree rurali in urbane, che gli ingegneri dovessero sempre più valutare i possibili effetti dello sviluppo urbano, come pure realizzare e implementare misure per minimizzarne gli effetti negativi.

Esistono una serie di misure e tecniche che possono migliorare la risposta allo stress idrologico, mitigare gli effetti degli impatti e, in definitiva, ottimizzare la gestione delle risorse verso la sostenibilità, alcune di queste sono:

- Low Impact Development (LID),
- Water Sensitive Urban Design (WSUD),
- Sustainable Urban Drainage Systems (SUDs).

Le tecnologie di sviluppo a basso impatto *Low impact development* (LID) sono considerate misure efficaci per mitigare l'impatto sulla quantità e qualità d'acqua del deflusso urbano. Come sottolineato da Jia et al. (2013) attualmente, ci sono molti tipi di LID, e ogni tipo ha le proprie caratteristiche e limitazioni tecniche e / o economiche intrinseche per l'attuazione.

L'approccio WSUD incorpora componenti di gestione dell'acqua all'interno del paesaggio e possiede diversi benefici ambientali ed estetici come:

- La riduzione del flusso di acqua piovana e i carichi inquinanti in tal modo proteggendo i corpi idrici a valle, tramite la raccolta e il trattamento dell'acqua piovana in zone umide, stagni, zone di ritenzione o zone verdi.
- Il risparmio dell'acqua sanitaria attraverso la raccolta del deflusso delle acque piovane del tetto e nei serbatoi di acqua piovana o in depositi sotterranei per il riutilizzo nei giardini e nei servizi igienici.
- La riduzione al minimo delle superfici impermeabili con l'uso di pavimentazioni porose (ad esempio per parcheggi, strade e passi carrai) e riducendo al minimo l'impatto dell'urbanizzazione
- La fornitura di spazi pubblici per il trattamento delle acque piovane (ad esempio le zone umide), per le attività ricreative e per il piacere estetico (che aumenta anche il valore economico dei terreni).

L'approccio WSUD è valido sia per lo sviluppo di aree urbane che di quelle rurali e può essere adattato in esistenti bacini urbanizzati o incorporato in fase di progettazione di nuovi ambiti.

La Commissione Europea (2012) definisce i SUDs come sistemi che includono tecniche per la gestione dell'acqua che scorre da un terreno, che la trattano in loco in modo da ridurre il carico sui sistemi convenzionali di trattamento. Lo scopo di questi sistemi è quello di replicare i sistemi naturali che, con soluzioni economiche e impatto ambientale minimo, sono in grado di drenare il flusso di acqua superficiale sporca, convogliarlo, immagazzinarlo e depurarlo prima di rilasciarlo nell'ambiente in modo diluito nel tempo.

L'Associazione APWA (American Public Works Association) e il Consiglio Regionale dell'America Centrale MARC (MID-America Regional Council) hanno prodotto nel 2012 un Manuale sulle Best Management Practices per la qualità delle acque piovane dove per BMP si intende la pratica di pratica gestione delle acque piovane usata per prevenire o

controllare lo scarico di sostanze inquinanti e ridurre al minimo il deflusso di acque (APWA/MARC, 2012); inoltre si precisa che le BMP possono includere soluzioni strutturali o non strutturali, un programma di attività, il divieto di alcune pratiche, le procedure di manutenzione o altre pratiche di gestione in grado di consentire la promozione dell'idrologia naturale, infiltrazione e trattamento (Figura 11).

L'obiettivo di base della gestione delle acque piovane è quello di allineare le tecniche di gestione della qualità e quantità d'acqua in modo da impedire un ulteriore deterioramento dei bacini idrici.

I concetti fondamentali sono quelli di garantire il mantenimento delle condizioni esistenti, la riduzione dei flussi di punta e la riduzione degli agenti inquinanti. In altre parole, lo sviluppo non dovrebbe aumentare la velocità o la quantità di deflusso, o la quantità di sostanze inquinanti in uscita dal terreno oggetto della trasformazione.

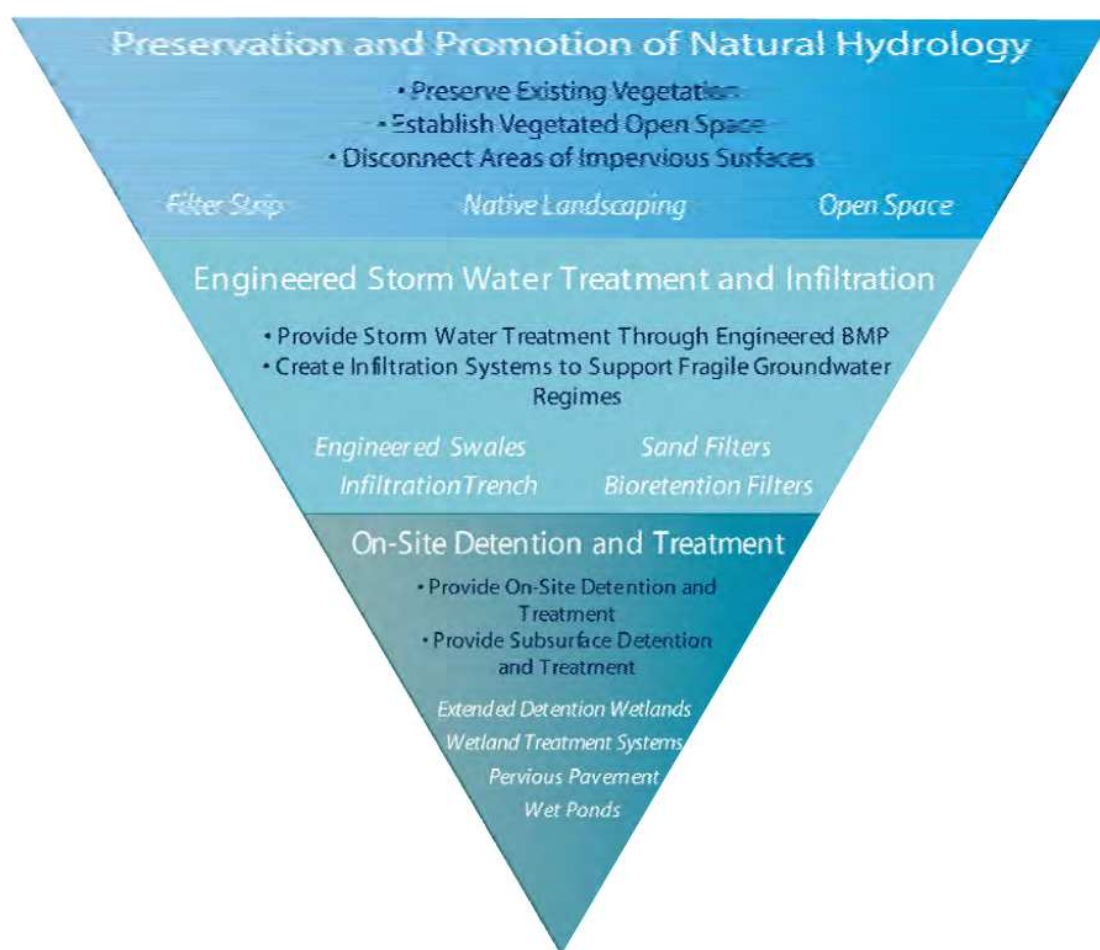


Figura 11| Schema gerarchico di BMP (APWA/MARC, 2012)

In considerazione della necessità sempre crescente di conservazione della risorsa idrica sono stati effettuati studi sugli indicatori di stress idrico che hanno evidenziato come diverse nazioni europee siano sottoposte ad impatto elevato o grave. L'indice di stress idrico per l'Italia è elevato poiché supera il 20%.

Il diagramma riassuntivo degli studi (Raso, 2013) sull'indice di stress idrico (water stress index WSI - indicatore Falkenmark definito come frazione del run-off totale annuo disponibile per il consumo umano) di tutti i paesi membri delle nazioni europee sono mostrati in Figura 12 di seguito.

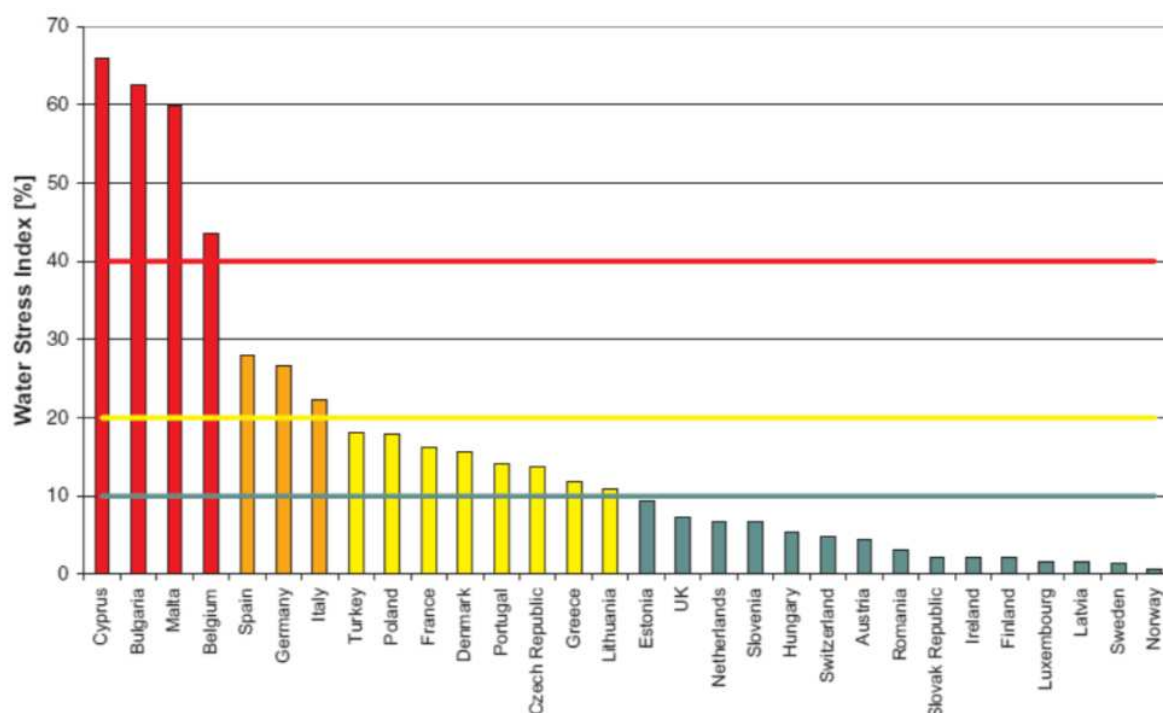


Figura 12 | L'indice di stress idrico (water stress index WSI) per i paesi europei; WSI inferiore al 10%: basso; WSI dal 10% al 20%: moderato, WSI dal 20% al 40%: elevato e WSI superiore al 40%: grave (Raso, 2013)

Per Raso (2013) nelle regioni che soffrono di scarsità d'acqua (l'agricoltura rappresenta il più alto consumo di acqua 55%), le risorse idriche sono sfruttate al massimo e così, i volumi memorizzati sia di acque sotterranee e superficiali sono sempre più piccoli portando a tempi di ritenzione brevi. È quindi da aspettarsi che i paesi con più alto WSI siano più consapevoli della necessità di riciclo dell'acqua, e, quindi, dell'attuazione di leggi e dello sviluppo di progetti di sostenibilità della risorsa.

Il Dipartimento delle industrie primarie, acqua e ambiente della Tasmania nel 2012 (Tasmania, 2012) stabilisce principi chiave e gli standard per la gestione delle acque piovane in Tasmania raccomanda che i nuovi sviluppi insediativi dovrebbero essere progettati per ridurre al minimo gli impatti sulla qualità delle acque piovane e, eventualmente, sulle inondazioni a valle o sul regime di portata. Le aree commerciali, i siti industriali e le strade principali tendono ad essere, difatti, importanti fonti di inquinamento per le acque piovane.

I corsi d'acqua urbani, i ruscelli, torrenti e linee di drenaggio naturali, forniscono contributi importanti alla qualità dell'acqua, valori ecologici e ricreativi e devono essere mantenuti, potenziati o ripristinati.

Le tubazioni o il rivestimento dei canali naturali dovrebbero essere visti solo come ultima risorsa. In molte strategie politiche a livello globale si raccomanda la realizzazione di zone di rispetto per garantire la protezione dei vantaggi dei corsi d'acqua urbani, e si raccomanda che qualsiasi sviluppo all'interno di queste aree debba essere gestito con attenzione.

La ricerca delinea una cornice operativa per assistere la progettazione dei sistemi di trattamento dell'acqua piovana da integrare nel paesaggio. Si intende contribuire a garantire che gli interventi progettuali rappresentino le migliori pratiche e siano coerenti con i principi di sostenibilità ovvero fornire ai tecnici valutatori dei progetti una checklist (una lista di controllo) per stimare l'adeguatezza delle opere proposte presentate per l'approvazione.

Il target di riferimento è costituito dai progettisti (che presentano le pratiche autorizzative all'ufficio comunale) e dai tecnici del governo locale che si occupano dell'autorizzazione.

Alcuni esempi di principali BMP utilizzate nel mondo secondo il Dipartimento delle industrie primarie, acqua e ambiente della Tasmania (Tasmania, 2012) sono:

- Bacino per sedimenti - Sediment basins
- Sistema di depressioni inerbite - Bioretention swales
- Bacini di bioritenzione - Bioretention basins
- Filtro a sabbia - Sand filters
- Fasce tampone - Swale/ buffer systems
- Zone umide artificiali - Constructed wetlands
- Stagni - Ponds
- Sistema di filtrazione - Infiltration measures
- Serbatoi di acqua piovana - Rainwater tanks
- Sistema di stoccaggio e recupero dell'acquifero - Aquifer storage and recovery

In appendice si riportano le descrizioni delle diverse tipologie con indicazione della definizione, dello scopo e alcune considerazioni di attuazione. La Tabella 3 che segue delinea la potenziale applicabilità dei sistemi di BMP per i diversi tipi di sviluppo insediativo (JSCWSC, 2009).

Tabella 3 | potenziale applicabilità dei sistemi di BMP per i diversi tipi di sviluppo insediativo (JSCWSC, 2009)

Tecniche di gestione dell'acqua piovana	Residenziale isolato	Residenziale di media densità	Edificio alto	Edificio Commerciale e Industriale	Superficie di ripartizione	Aree soggette a riqualificazione urbana
Sediment basins	N	N	N	N	S	N
Bioretention swales	?	S	N	S	S	N
Bioretention basins	S	S	N	S	S	S
Sand filters	N	?	N	S	S	S
Swales and buffer strips	S	S	N	S	S	?
Constructed wetlands	N	N	N	?	S	?
Ponds and lakes	N	N	N	?	S	?
Infiltration systems	?	?	N	S	S	S
Aquifer storage and recovery	?	?	N	?	S	?
Porous pavements	S	S	?	S	S	?
Retarding basins	N	N	N	?	S	N
Green roofs/roof gardens	S	S	S	S	N	S
Stream and riparian vegetation rehabilitation	N	N	N	?	S	S
Water quality education programs	S	S	S	S	S	S
S potenzialmente adatto; ? possibilmente adatto; N generalmente non adatto						

Nell'ottica dell'ottimizzazione del processo dovrebbe essere effettuata una valutazione preliminare sull'adeguatezza della tipologia di BMP scelta per l'intervento in oggetto. Alcune opzioni, infatti (Tabella 3), potrebbero essere chiaramente irrealizzabili o inappropriate per i diversi tipi di sviluppo insediativo (ad esempio opzioni che richiedano manutenzione di attrezzature o competenze non detenute dal Comune).

Per quasi tutti i diversi tipi di sviluppo insediativo, sarà necessaria più di un'azione per soddisfare gli obiettivi della gestione delle acque. Lo sviluppo della strategia di gestione sostenibile delle risorse e l'utilizzo di BMP può, quindi, comportare una valutazione iniziale delle possibili opzioni e una successiva combinazione di varie opzioni potenzialmente realizzabili con un progetto più approfondito che miri a ridurre l'impatto complessivo del progetto sul ciclo dell'acqua anche in base alla valutazione vincoli del sito e delle opportunità che possono sostenere o ostacolare opzioni specifiche (JSCWSC, 2009).

1.5 Modelli e tecniche per la simulazione e il controllo delle trasformazioni dell'uso del suolo

Molti aspetti influenzano le dinamiche di trasformazione delle città, e quindi, la definizione di scenari agisce come una componente chiave. Esiste, per di più, il bisogno di strumenti che permettano valutazioni ambientali e interventi compatibili con le risorse esistenti in grado di prevenire i rischi ambientali connessi allo sviluppo antropico specialmente nel periurbano dove maggiori sono le pressioni. «La definizione di scenari sembra essere divenuta negli ultimi anni una componente essenziale delle decisioni sui processi di trasformazione della città e del territorio. I tempi rapidi del cambiamento e la molteplicità dei soggetti coinvolti richiedono di proiettare il progetto entro ipotesi di futuro, per valutarne gli effetti prevedibili, l'attendibilità, la condivisione» (Secchi, 2000).

Come per progetti più grandi, per i piani e i programmi esistono gli strumenti della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) e della Valutazione dell'Impatto Ambientale (VIA), così alla scala di progetto locale si ipotizza questa metodologia di valutazione per mitigare gli effetti dell'impermeabilizzazione del suolo.

In ambito idrico la modellistica numerica è oggi alla base di ogni attività di analisi, progettazione e gestione del territorio. La crescente disponibilità di dati territoriali, osservazioni e strumenti di calcolo, arricchite dal supporto delle tecnologie GIS consente, di condurre simulazioni sempre più dettagliate e affidabili.

L'utilizzo di modelli matematici che simulano processi ecologici dipende sia dalla disponibilità di un modello che rappresenti adeguatamente il caso, oppure dallo sviluppo di un modello ad hoc.

Lo sviluppo di un modello, l'attuazione di questo a casi di studio e l'interpretazione dei risultati sono competenze specialistiche il cui effetto può essere applicato alla realtà dei fenomeni in campo influenzando il processo decisionale (decision-making process).

Modelli di simulazione ecologica possono essere particolarmente utili quando una complessa rete di eventi influenza l'effetto osservato. Manipolando un potenziale fattore che contribuisce alla volta, diversi scenari possono essere modellati per determinare come si modificano gli effetti attesi.

Il Programma Scientifico Intergovernamentale Man and the Biosphere Programme (MAB) lanciato dall'UNESCO nel 1971 è volto a stabilire una base scientifica per il miglioramento delle relazioni tra le persone e i loro ambienti sottolineando la necessità di coadiuvare i policymakers nella comprensione dell'interdipendenza tra i sistemi urbani e l'ambiente.

Obiettivo comune a livello internazionale è quello di capire le performance di governance a livello locale e nelle aree periferiche degli insediamenti urbani, impostare una serie di indicatori procedure e strumenti di valutazione e fare in modo da raggiungere la prestazione ambientale desiderata ricorrendo ad opportune pratiche e selezionando indicatori adeguati in grado di guidare e monitorare il processo di urbanizzazione. Si trovano tuttavia in letteratura autori che sostengano che non esistono ancora standard pertinenti e metodi universali o criteri per selezionare indicatori di sostenibilità urbana (Kahn, 2006).

Marina Alberti (1996) sostiene che l'interdipendenza tra i sistemi urbani e l'ambiente regionale e globale non sia riflessa nel processo decisionale. Per Li (Li et al., 2013) molti ostacoli tecnici hanno sfidato l'efficacia del processo decisionale: primariamente diversi tipi di risorse geospaziali sono disseminate tra agenzie governative, settore pubblico e privato; esiste poi, un limitato coordinamento che porta al problema dell'isolamento delle informazioni, le cosiddette "information islands" (Li et al. 2013, Antoniou, van Harmelen, 2004); in secondo luogo i dati esistenti sono scarsamente

documentati; in terzo luogo esiste un alto livello di eterogeneità nella metadattazione che quindi ostacola il raggiungimento della interoperabilità spaziale.

Secondo Li (Li et al. 2013), per di più, questi ostacoli tecnici uniti alla scarsità di piattaforme di software per facilitare la collaborazione digitale virtuale stanno sfidando l'efficienza dei processi di sviluppo delle decisioni.

Inoltre fallimenti nella collaborazione tra enti producono la duplicazione degli sforzi nello sviluppo di software per analizzare e processare i dati geospaziali.

La sfida è quella di sviluppare una nuova comprensione di come i sistemi urbani funzionino e come questi interagiscono con i sistemi ambientali su scala locale e globale. Tre elementi fanno parte di questo quadro: individuazione di variabili chiave per descrivere i sistemi urbani e ambientali e le loro interrelazioni; obiettivi misurabili e criteri che ci permettano di valutare queste interrelazioni; e meccanismi di feedback che consentano ai segnali di prestazione del sistema di generare risposte comportamentali da parte della comunità urbana, sia a livello individuale che istituzionale.

Pistocchi e Ciancabilla (1999) sostengono che in genere i dati ambientali disponibili non consentono di andare oltre il livello di una prima caratterizzazione dei fenomeni. A questo livello di caratterizzazione si associa quindi una comprensione sommaria dei processi fisici descritti con modelli matematici che ne consente di distinguere gli ordini di grandezza. Pistocchi e Ciancabilla (1999) sottolineano che risulti estremamente utile che l'analisi dei dati e la modellazione vengano fatte nello stesso ambiente operativo della cartografia e suggeriscono quindi che le risposte dei modelli debbano essere comunque riportate a livello cartografico ogni volta che ciò sia possibile.

In tale senso con l'uso di modelli si può costituire una base di discussione politica per la decisione: da un lato i decisori devono poter giustificare le loro scelte sulla base delle previsioni che hanno fatto, dall'altro gli oppositori devono poter contrastare queste giustificazioni sullo stesso terreno di razionalità in modo da determinare la semplificazione e attuazione della modellistica ambientale nella pianificazione (Pistocchi e Ciancabilla, 1999).

Per ISPRA (2016) occorre fornire ai responsabili delle decisioni a livello locale informazioni specifiche per la definizione e l'implementazione di misure con lo scopo di limitare, mitigare o compensare l'impermeabilizzazione del suolo comportando indiscussi vantaggi per il patrimonio naturale e, allo stesso tempo, per la spesa pubblica.

L'ultimo rapporto ISPRA sul Consumo di suolo (2016) ritiene necessario e urgente fornire ai Comuni indicazioni chiare e strumenti utili per rivedere anche le previsioni di nuove edificazioni presenti all'interno dei piani urbanistici e territoriali già approvati.

Il Rapporto conferma come il suolo sia vitale per il nostro ambiente, il nostro benessere e la nostra stessa economia; proprio l'economia può essere rilanciata adottando una maggiore tutela del patrimonio ambientale, riconoscendo il valore del capitale naturale e integrando i cicli e i processi naturali.

La garanzia di ottenere il raggiungimento dei principi di sostenibilità comporta il cruciale ricorso alla predisposizione di approcci alternativi differenti allo sviluppo del territorio.

Come sostiene Alberti (1996) l'impatto delle città sull'ambiente può essere esaminato analizzando i flussi delle risorse naturali e la sfida nella misura della sostenibilità è quella di selezionare alcune misure di impatto delle città. Douglas (1983) ha fornito una equazione per misurare oltre al bilancio energetico urbano e al bilancio di materia, il bilancio idrico aiutando ad identificare i complessi elementi che guidano i trend di sviluppo e di impatto antropico.

Il bilancio idrico, secondo le Equazioni di Metabolismo Urbano di Douglas (1983), si può esplicitare come segue:

$$P+D+A+W = E+R_s+S$$

dove:

P = Precipitazione

D = Rugiada e brina

A = Acqua rilasciata da fonti antropiche

W = acqua da condutture

E = Evaporazione

R_s = flusso verso fuori città naturale e di condutture, di superficie e di sottosuolo

S = Variazione dello stoccaggio dell'acqua nel tessuto urbano.

Il metodo proposto intende proporre la responsabilizzazione integrata del tecnico comunale e del proprietario mettendo loro a disposizione uno strumento da una parte di semplificazione del controllo dei flussi delle risorse naturali e dall'altra di ottimizzazione delle procedure di autorizzazione.

L'integrazione delle risorse su un continuum tematico cartografico comune funge così da supporto agli strumenti di pianificazione e all'efficacia delle politiche di gestione del patrimonio naturale promuovendo insieme il monitoraggio delle prestazioni ambientali, la fattibilità procedurale e la sensibilizzazione ambientale dei professionisti.

In questo modo vengono incanalati gli interessi individuali di breve periodo in un valore aggiunto comune per le future generazioni sia nell'utilizzo efficiente delle risorse scarse sia nel migliore controllo delle aree sensibili.

1.6 L'importanza degli indicatori

La rapida urbanizzazione avviene spesso con la perdita di ecosistemi e territori di valore per il soddisfacimento delle necessità urbane (Shen et al., 2011). Malcevschi S., (1991), afferma: “la società moderna si sta interrogando in modo sempre più preciso sulle trasformazioni della qualità dell'ambiente che essa stessa ha provocato (e sta provocando); si sta chiedendo quali siano le implicazioni delle sue azioni sugli equilibri ecologici, quali valori ambientali stia consumando in modo irreversibile, quanto critica sia la situazione per sé e per le future generazioni; si pone sempre con maggiore forza il problema di quali strumenti usare per decidere sull'accettabilità o meno delle nuove azioni in progetto”. È, di conseguenza, sempre più urgente una maggiore efficacia nell'affrontare questi temi in quanto i problemi ecologici, territoriali, igienico-sanitari si dimostrano ogni giorno più gravi a livello locale come a livello globale. Malcevschi (1991) sottolinea, inoltre, come le esigenze di un corretto governo dell'ambiente stiano acquisendo una propria espressione abbastanza completa in sede tecnica e scientifica ma come i risultati ottenuti dal governo effettivo dell'ambiente siano stati insufficienti rispetto alla gravità dei problemi. L'insufficienza dei risultati è dovuta anche alla difficoltà di avere sinergie tra i diversi attori interessati (comunità scientifica, istituzioni, organizzazioni che rappresentano interessi diffusi, mondo produttivo).

Per affrontare questioni sempre più complesse, è necessario individuare degli indicatori in grado di misurare l'evoluzione delle alterazioni dell'ambiente causate dai fenomeni antropici e consentirne il controllo.

Gli indicatori di sostenibilità urbana sono stati selezionati come elementi principali in grado di comunicare lo stato delle prassi e aiutano a determinare il livello di successo delle strategie e politiche adottate per il raggiungimento di obiettivi di sostenibilità. (Shen et al., 2011)

Gli indicatori di sostenibilità urbana sono cruciali per aiutare a impostare gli obiettivi, per rivedere le prestazioni e facilitare la comunicazione tra i soggetti legiferanti, gli esperti e il pubblico (Verbruggen & Kuik, 1991).

Nel mese di settembre 2015 sono stati adottati dalle Nazioni Unite 17 Obiettivi di Sviluppo sostenibile (OSS) Sustainable Development Goals (SDGs) per porre fine a tutte le forme di povertà, combattere le disuguaglianze e affrontare i cambiamenti climatici nei prossimi quindici anni, con l'orizzonte del 2030.



Figura 13 | I 17 Obiettivi di Sviluppo sostenibile (OSS) o Sustainable Development Goals (SDGs) individuati dalle Nazioni Unite con l'orizzonte del 2030

Le nazioni che hanno dichiarato di mobilitarsi a questo fine umanitario globale riconoscono che porre fine alla povertà deve andare di pari passo con le strategie che costruiscono la crescita economica e affrontano una serie di bisogni sociali quali l'istruzione, la salute, la protezione sociale, e le opportunità di lavoro in parallelo alla lotta ai cambiamenti climatici e la tutela dell'ambiente.

Le Nazioni Unite fondano chiaramente il monitoraggio delle evoluzioni verso il raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo sostenibile su una serie di indicatori misurabili e confrontabili.

Alberti (1996) illustra come strutturare al meglio il processo di selezione di indicatori in modo da garantire che le informazioni selezionate siano rilevanti per la politica, fondate scientificamente, prontamente implementabili e utilizzabili nella pianificazione. Alberti sottolinea, inoltre, come gli indicatori siano cruciali per aiutare decisori politici nazionali e locali nel miglioramento delle loro azioni verso la sostenibilità. Oltre a ciò si aggiunge come gli indicatori urbani siano utili per differenti scopi: il monitoraggio schematico dei cambiamenti, il pre-allarme di problemi ambientali in ambito urbano, la definizione di obiettivi, la revisione delle prestazioni, e informazione e comunicazione al pubblico.

Gober et al. (2011) sostengono che la modellazione di simulazione consenta ai politici di esplorare scenari del futuro e di cercare politiche che siano robuste rispetto a diverse future possibilità. Le simulazioni poi possono evolvere iterativamente come vengano acquisite e elaborate nuove informazioni. Pahl-Wostl (2002) afferma inoltre la necessità di innovazione e cambiamento nel processo decisionale tradizionale sottolineando l'importanza della dimensione umana nella gestione sostenibile delle risorse idriche. In questo settore, come in altri analoghi sulla gestione territoriale i modelli sono importanti sia come strumenti scientifici che come dispositivi di comunicazione poiché facilitano l'apprendimento sociale del futuro sia tra gli addetti al settore sia al pubblico. In tal senso la ricerca si allinea all'approccio secondo il quale gli indicatori offrono informazioni in una forma che facilita la comunicazione tra esperti, decisori e il pubblico. La semplificazione che gli indicatori possono generare rende grandi quantità di informazioni molto più facili e comprensibili e comunque essendo modelli della realtà consentire di relazionarsi ad una misura semplice. Per di più gli indicatori secondo quanto sostenuto dal World Resources Institute WRI (1995) garantiscono una misura dei trend dello stato dell'ambiente e consentono ai decisori politici e al pubblico di accedere a informazioni sulle prestazioni delle politiche nel tempo.

La lista degli indicatori urbani che le grandi agenzie pubbliche hanno selezionato differisce nel rango politico e nella scala geografica in quanto rispondono a diversi scopi di misura Alberti (1996). Alberti (1996) sostiene che i pianificatori e i gestori necessitano di riconoscere che le proprie decisioni impattano sui sistemi ecologici molto oltre i limiti amministrativi comunali e regionali e questo è il punto di partenza per progettare strumenti per il monitoraggio della sostenibilità urbana.

C.L. Choguill (1996) sostiene che nonostante la necessità di soddisfare i bisogni umani fondamentali, sostanzialmente il dibattito sulla sostenibilità si centra intorno al tema dell'ambiente e particolarmente sul modo delle zone costruite di impattare sulle zone naturali. Politiche di conservazione in questo senso risultano essenziali ed è altrettanto importante la realizzazione di strumenti per la misura degli impatti anche se queste tematiche non sono facilmente risolvibili in quanto necessitano di tutta una serie di semplificazioni atte a poter applicare la procedura a contesti differenti. Sono suggerite, pertanto, strategie flessibili, orientate ai processi e che rispondano ai bisogni e alle capacità di cambiamento delle comunità.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Obiettivi

Gli argomenti critici affrontati dal lavoro di ricerca possono essere individuati nei seguenti punti:

- La tutela della qualità e quantità della risorsa idrica
- Il contrasto allo sprawl incontrollato
- La promozione di Best Management Practices BMP
- La sensibilizzazione verso l'efficienza del controllo nella redazione di autorizzazioni a livello locale

L'obiettivo alla base della ricerca è quello di individuare una metodologia per la determinazione di nuovi approcci di progettazione integrata e sostenibile. L'interesse, come tesi di Dottorato Industriale, è l'individuazione di un web-based Decision Support System ed, in particolare, l'applicazione della modellistica della valutazione degli impatti antropici sul territorio alla tecnologia GIS Geographic Information System per la mitigazione degli impatti idraulici sul paesaggio e per il mantenimento delle funzioni eco-sistemiche.

Lo scopo generale è quello di realizzare un'applicazione per la gestione della trasformazione che garantisca il mantenimento della fornitura di beni primari e consenta una riqualificazione ambientale diffusa con diversi impatti positivi tra cui:

- il riuso delle acque trattate,
- la ricarica della falda,
- il contrasto all'intrusione salina,
- la qualità dell'acqua alla foce con conseguente miglioramento dell'attrattività turistica della costa, impatto positivo sullo sviluppo di manodopera e sulla sensibilizzazione alla consapevolezza e alla tutela ambientale.

L'applicazione dovrebbe tenere conto del divenire del territorio consentendo di analizzare un bacino di dettaglio simulando la modifica del grado di impermeabilizzazione e quindi il contributo al deflusso della superficie a seguito della modifica dell'uso del suolo e suggerendo con un ulteriore approfondimento le misure di mitigazione (tipologia e superficie) da realizzare. Si intende determinare uno strumento accessibile ad utenti poco esperti per il controllo degli impatti degli interventi e per il governo del territorio. L'effetto conseguente è, in fase di validazione del progetto e quindi durante la fase di redazione della procedura per il permesso a costruire, l'indicazione di prescrizioni per i progettisti da applicare nella successiva fase di attuazione dell'intervento. In considerazione delle superfici interessate dal progetto sarà necessario, quindi, effettuare la stima di BMP obbligatorie per ridurre l'impatto della trasformazione.

In sintesi l'obiettivo generale alla base della ricerca è la valorizzazione della risorsa acqua e la trasformazione di questa da problema a risorsa. L'attenzione si concentra sullo studio degli impatti sui corsi d'acqua, lo studio degli strumenti che sono stati sviluppati per la valutazione degli inquinanti e la pianificazione delle azioni da intraprendere per garantire un uso sostenibile delle risorse esistenti in grado di salvaguardarne il valore ecosistemico.

L'obiettivo della ricerca è quello di fornire uno strumento per la gestione delle trasformazioni del paesaggio al fine di aiutare il processo decisionale a far fronte alla complessità della realtà e per guidare il pianificatore verso decisioni strategiche sulla base di dati spaziali. Questi scopi sono supportati dalla capacità del GIS di informare su posizione, caratteristiche, tendenze dei fenomeni studiati. La sfida conseguente è quella di riunire strumenti GIS e modelli di valutazione in un ambiente in rete implementandoli verso l'interoperabilità on-line. Il Consorzio OSGeo si riferisce al termine interoperabilità come alla capacità di trovare cosa è necessario, poterci accedere, capirlo e utilizzarlo per ottenere i propri bisogni.

La Commissione Europea (2012) intende promuovere tre tipi di approcci intesi a:

- Limitare l'impermeabilizzazione dei suoli
- Mitigare gli effetti negativi determinati dalla trasformazione dell'uso del suolo
- Compensare l'eventuale inadeguatezza delle misure di mitigazione

Dove la limitazione dell'impermeabilizzazione del suolo e quindi il rispetto della invarianza idraulica – secondo il quale, in altre parole, la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area deve rimanere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area – resta prioritaria rispetto alle misure di mitigazione o compensazione. La Commissione Europea (2012), in particolar modo intende promuovere un approccio inteso ad impedire la conversione di aree verdi e la conseguente impermeabilizzazione del loro strato superficiale o di parte di esso. Approccio che incoraggia le attività di riutilizzo di aree già edificate come i siti dismessi. Si enfatizza, tra l'altro, l'utilizzo di strumenti, come quello proposto, in grado di coadiuvare il contrasto all'impermeabilizzazione incontrollata. Laddove si è verificata un'impermeabilizzazione, si intende fare adottare misure di mitigazione tese a mantenere alcune delle funzioni del suolo e ridurre gli effetti negativi diretti o indiretti significativi sull'ambiente e il benessere umano. Tra tali misure si colloca l'impiego di opportuni materiali permeabili al posto del cemento o dell'asfalto e un ricorso sempre maggiore a sistemi naturali di raccolta delle acque. Tenuto conto che è impossibile compensare completamente gli effetti dell'impermeabilizzazione degli accorgimenti proposti riguardano le misure di compensazione con l'obiettivo di sostenere o ripristinare la capacità generale dei suoli di una determinata zona affinché questi possano assolvere le loro funzioni o quanto meno parte di esse.

In quest'ottica lo strumento proposto ha lo scopo di:

- supportare la valutazione delle variazioni nel grado di impermeabilizzazione derivanti dalla trasformazione;
- suggerire le possibili mitigazioni attraverso l'individuazione delle migliori pratiche adottabili;
- consentire la piena interoperabilità e la semplicità di uso avvalendosi delle opportunità rappresentate dalla ICT e dalla tecnologia GIS.

2.2 Valutazione dei volumi di deflusso

La modellazione dei fenomeni idrologici-idraulici innescati dalle precipitazioni su un bacino e, quindi, la formazione di deflussi di piena nelle aree periurbane, presuppone la conoscenza approfondita della distribuzione spaziale e temporale delle piogge (Figura 14).

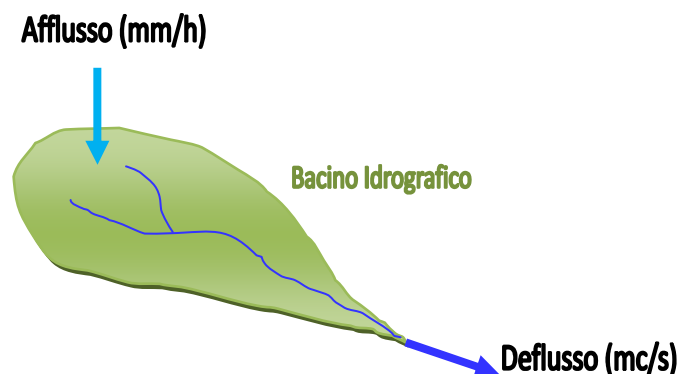


Figura 14 | Rappresentazione schematica della formazione del deflusso superficiale

Secondo la rappresentazione schematica tra le più comunemente utilizzate, il volume idrico che raggiunge la sezione di chiusura in seguito ad una precipitazione (Figura 23) può essere scomposto in quattro contributi (Greppi, 1999; Moisello 1999):

- afflusso diretto: è la precipitazione che cade direttamente sugli specchi d'acqua della rete drenante
- scorrimento superficiale: si origina inizialmente sui versanti e procede quindi all'interno del reticolo idrografico; costituisce il contributo più rapido e, in molti casi, di gran lunga più importante alla piena
- scorrimento ipodermico: è costituito dall'aliquota di precipitazione infiltrata che si muove orizzontalmente nello strato immediatamente sottostante la superficie del suolo e sovrastante strati impermeabili che impediscono la percolazione profonda
- scorrimento sotterraneo (o profondo): è l'aliquota d'acqua affluita che raggiunge la sezione di chiusura attraverso fenomeni lenti di filtrazione negli strati più profondi del suolo

Per Greppi (1999) nella grande maggioranza dei casi di interesse pratico, si individuano due forme di deflusso molto diverse fra loro:

- deflusso di base: caratterizzato da tempi molto lunghi di trasferimento, dato che l'acqua che si infiltra nel suolo raggiunge, per percolazione attraverso le falde acquifere, la rete idrografica solo con grande ritardo
- deflusso di pioggia: somma di afflusso diretto, deflusso superficiale e, almeno in parte, deflusso ipodermico.

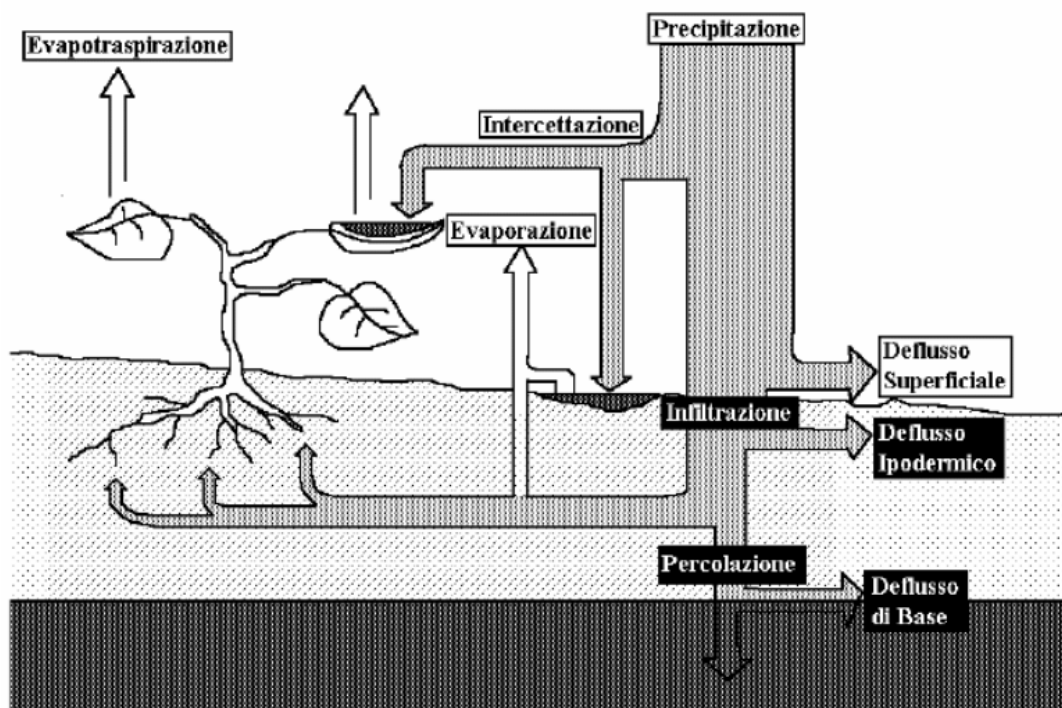


Figura 15 | Schema del bilancio idrologico di una porzione elementare di bacino idrografico
(www.idrografico.roma.it)

Il deflusso superficiale è quella parte del deflusso che raggiunge la rete idrografica di un bacino per scorrimento sulla sua superficie; tale parte corrisponde alla cosiddetta precipitazione netta, cioè alla parte di precipitazione che non si infiltra nel suolo, non rimane immagazzinata in depressioni superficiali e non viene intercettata dalla vegetazione.

I fenomeni di formazione e di trasferimento del deflusso superficiale rivestono un ruolo fondamentale nella genesi delle onde di piena e dei processi erosivi che avvengono nei bacini idrografici.

Il deflusso superficiale, infatti, è la componente più rapida del deflusso e ad esso sono associati i valori massimi della portata nella rete idrografica e sui versanti. Lo studio di questi fenomeni riveste quindi una particolare importanza nella pianificazione e nella progettazione degli interventi di protezione del territorio.

Nel campo della simulazione generale dei fenomeni, da utilizzare per guidare la realizzazione degli interventi sul territorio, si può ricorrere a modelli matematici semplici che sono in grado di rappresentare il comportamento globale del bacino stimando la portata al colmo in funzione di grandezze descrittive dei fenomeni idrologici e idraulici.

La valutazione della massima portata al colmo o portate critiche, che si possono verificare nelle varie sezioni della rete, sono quindi caratteristiche di assegnati valori del periodo di ritorno. Nella progettazione operativa vale il concetto di progettazione “duale” per il quale si prevede il dimensionamento di due sistemi di drenaggio e controllo delle acque meteoriche: il primo è costituito dalle fognature ed è detto sistema minore, il secondo è invece costituito dalle circolazioni idriche superficiali e dagli invasi di laminazione. Mentre il primo viene dimensionato con valori contenuti del tempo di ritorno ($T_r = 2-10$ anni) per ridurre le dimensioni e il costo delle opere, il secondo deve essere verificato per elevati valori del tempo di ritorno ($T_r = 20-100$ anni) ovvero per quegli eventi d'intensità assolutamente rilevante.

Come ribadito da Artina et al. (1997), l'idrologia urbana e periurbana, rispetto a quella dei corsi d'acqua naturali è caratterizzata dalla limitata estensione dei bacini imbriferi e dalla rapidità del deflusso per cui i tempi di concentrazione sono brevi e le precipitazioni da tenere sotto controllo sono quelle d'intensità molto forte per brevi durate.

Il metodo SCS-CN sviluppata dal Dipartimento di Agricoltura degli Stati Uniti d'America USDA, Servizio di Conservazione del Suolo, (Soil Conservation Service) nel 1972 del *CN Curve Number*, stima la precipitazione netta cumulata (mm) come funzione della precipitazione lorda cumulata antecedente, della copertura ed uso del suolo e delle condizioni iniziali di umidità del suolo.

Secondo l'United States Department of Agriculture (USDA 1986), sono diversi i fattori presi in considerazione nel determinare il CN di deflusso. I principali fattori che determinano il CN sono il gruppo idrologico del suolo (hydrologic soil group HSG), il tipo di copertura, il trattamento, la condizione idrologica, e la condizione antecedente il deflusso (antecedent runoff condition ARC). Un altro fattore considerato è se le zone impervie scaricano direttamente nel sistema di drenaggio (collegato) o se il flusso si estenda su aree permeabili prima dell'ingresso nel sistema di scarico (non collegato).

La relazione fondamentale del metodo del CN è la seguente:

$$Q(t) = \frac{[P(t) - I]^2}{[P(t) - I + S]}$$

Dove:

$Q(t)$ [mm]: altezza di pioggia netta o deflusso fino all'istante t

$P(t)$ [mm]: altezza di pioggia precipitata fino all'istante t

S [mm]: altezza d'acqua massima immagazzinabile nel terreno a saturazione

I [mm]: depurazione o perdita iniziale = $0,2 \cdot S$

Questa relazione è valida solo per $P(t)$ maggiore o uguale ad I , mentre nel caso in cui l'altezza totale cumulata di precipitazione risulti inferiore ad I si ha $Q(t) = 0$ e pertanto il deflusso è nullo.

Con l'introduzione di I si vuol tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale.

Dall'analisi di risultati ottenuti dall'SCS in numerosi piccoli bacini sperimentali, è stata proposta la relazione empirica che lega I ad S e che consente di stimare la prima, essendo nota la seconda: $I = 0,2S$.

Considerata la difficoltà di fare una attribuzione diretta, il valore di S è normalmente attribuito attraverso l'uso di un parametro intermedio, il *Curve Number (CN)*, secondo la relazione:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Pertanto consegue che l'altezza di deflusso fino all'istante t è pari a:

$$Q(t) = \frac{[P(t) - (0,2 \cdot S)]^2}{[P(t) - (0,2 \cdot S) + (\frac{25400}{CN} - 254)]} = \frac{\{P(t) - [0,2 \cdot (\frac{25400}{CN} - 254)]\}^2}{\{P(t) - [0,2 \cdot (\frac{25400}{CN} - 254)] + (\frac{25400}{CN} - 254)\}}$$

Il parametro CN è un numero adimensionale e varia da 100 (per corpi idrici) a circa 30 per suoli permeabili con elevati tassi di infiltrazione.

Il CN è quindi essenzialmente legato alla natura del suolo, al tipo di copertura vegetale ed alle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione.

Per analizzare gli effetti della trasformazione occorre valutare in modo semplificato il tasso di infiltrazione variabile nel tempo. Per quanto riguarda la natura del suolo, il Soil Conservation Service (SCS, 1972) ha classificato i tipi di suolo in quattro gruppi sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità, passando dal gruppo A con Capacità di infiltrazione molto elevata al gruppo D con scarsa capacità di infiltrazione a saturazione riportati nella tabella che segue (Tabella 4).

Tabella 4 | Classifica della permeabilità dei suoli secondo il Soil Conservation Service

TIPO	DESCRIZIONE
A	<i>Scarsa potenzialità di deflusso:</i> comprende forti spessori di sabbie con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde, molto permeabili.
B	<i>Potenzialità di deflusso moderatamente bassa:</i> comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A e con maggiore aliquota di argilla e limo, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità d'infiltrazione anche a saturazione.
C	<i>Potenzialità di deflusso moderatamente alta:</i> comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità d'infiltrazione a saturazione.
D	<i>Potenzialità di deflusso molto alta:</i> comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

La procedura operativa proposta per la valutazione degli effetti del cambio di destinazione d'uso del suolo (valutazione della situazione ex-post) prevede un'articolazione per punti così definita:

- I. individuazione della superficie totale della lottizzazione in corso di valutazione;
- II. individuazione delle superfici delle singole specifiche componenti dell'uso del suolo (tetto, parcheggio, zona verde,...);
- III. classificazione delle singole areole con CN adeguato;
- IV. ottenimento (in automatico) del CN medio ponderato per la superficie totale;
- V. fissato un T_r tempo di ritorno si applica la formula SCS CN per ottenere Q in uscita dal sottobacino.

Nella Tabella 5 che segue (Artina et al., 1997) sono riportati i valori del parametro CN per i diversi tipi di suolo A,B,C,D per una condizione standard di umidità del terreno agli inizi dell'evento di pioggia ("AMC" Antecedent Moisture Condition di classe II). In particolare sono evidenziati i valori distinti per tipo di copertura derivante dal suo uso (uso del suolo) di tipo agrario ed urbano.

Tabella 5 | I valori del parametro CN per i diversi tipi di suolo A,B,C,D per una condizione standard di umidità del terreno agli inizi dell'evento di pioggia ("AMC" Antecedent Moisture Condition di classe II, classe media) secondo il manuale di progettazione di Artina et alias (1997)

COPERTURA (USO DEL SUOLO)	CN SUDDIVISO PER I TIPI DI SUOLO			
	A	B	C	D
Suolo coltivato: - senza trattamento - con interventi di conservazione	72 62	81 71	88 78	91 81
Suolo da pascolo: - cattive condizioni - buone condizioni	68 39	79 61	86 74	89 80
Praterie in buone condizioni	30	58	71	78
Suoli boscosi o forestati: - suolo sottile, sottobosco povero, senza foglie - sottobosco e copertura buoni	45 25	66 55	77 70	83 77
Spazi aperti, prati rasati, parchi: buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	39 49	61 69	74 79	80 84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con impermeabilità media: - 65% - 38% - 30% - 25% - 20%	77 61 57 54 51	85 75 72 70 68	90 83 81 80 79	92 87 86 85 84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade: - Pavimentate con cordoli e fognature - Inghiaiate o selciate con buche - In terra battuta (non asfaltate)	98 76 72	98 85 82	98 89 87	98 91 89

L'applicazione permette di individuare la superficie totale della lottizzazione in corso di valutazione e le superfici delle singole specifiche componenti dell'uso del suolo (tetto, parcheggio, zona verde).

Una volta individuate le aree si procede con la classificazione delle singole areole con CN adeguato specifico di ognuna e si ottiene in automatico il valore del CN medio ponderato per la superficie totale che è pari a:

$$CN_M = \sum \frac{A_i * CN_i}{A_{tot}}$$

Dove:

CN_M : CN medio ponderato per la superficie totale

CN_i : CN della singola areola

A_{tot} : superficie totale (ricavata automaticamente)

A_i : superficie della singola areola (ricavata automaticamente)

2.3 Criteri per la selezione di BMP

Una volta analizzata la variazione di permeabilità introdotta in un sistema dalla trasformazione dell'uso del suolo occorre quindi valutare in modo semplificato la possibile applicazione di BMP di mitigazione dell'impatto.

Il supporto alla scelta di determinate BMPs è quindi necessario per guidare il tecnico che interviene sul territorio verso un approccio di progettazione sostenibile.

Il "metodo del Livello di Servizio" (LS) è un metodo di selezione delle BMP progettato per la macro-regione del Kansas City, USA, che si basa su attività di ricerca sull'idrologia applicata del Soil Conservation Service e studi di pratiche riconosciuti a livello americano (USDA 1986; Claytor e Schueler 1996; CWP 2000a).

I comuni che adottano il metodo LS come criterio di progettazione locale per la protezione della qualità dell'acqua utilizzeranno la procedura per valutare le condizioni pre e post sviluppo e per creare una proposta di BMP che soddisfi gli obiettivi di gestione delle acque piovane durante la progettazione di nuovi interventi in un dato sito (APWA/MARC, 2012). Il LS si riferisce al livello di protezione della qualità dell'acqua raccomandato per lo sviluppo di un sistema di gestione dell'acqua piovana.

Il requisito LS per lo sviluppo sostenibile è determinato dal cambiamento nel deflusso misurato tramite la variazione del curve number tra la condizione antecedente o successiva alla trasformazione. Il LS fornito dal sistema di gestione delle acque di pioggia è determinato applicando il Valore di Valutazione (Value Rating VR) fornito da ogni BMP all'area del sito su cui il sistema BMP dovrebbe trattare il deflusso.

La American Public Works Association e il MID-America Regional Council definiscono il Valore di Valutazione come il valore di miglioramento della qualità dell'acqua previsto di un tipo di copertura o BMP, sulla base della sua capacità di migliorare la qualità dell'acqua e mitigare il volume di deflusso (APWA/MARC, 2012).

L'intento di impostare il Livello di Servizio è quello di creare un sistema di gestione delle acque piovane equivalente o migliore a quello esistente nella condizione precedente alla trasformazione del territorio attraverso il progetto del sito e l'utilizzo di BMP.

Il "metodo del Livello di servizio" tiene conto della iniziale condizione del sito e infatti, la procedura di selezione viene regolata in base alla classificazione del sito come non sviluppato (quindi naturale) o sviluppato.

Un progetto è classificato come nuovo sviluppo quanto il totale delle superfici impermeabili è pari al 20 per cento o più del totale dell'area del sito; tutte le altre tipologie di sito sono classificate come non sviluppate o naturali.

La procedura proposta dall'American Public Works Association e dal MID-America Regional Council (APWA/MARC, 2012) per la scelta di una BMP da utilizzare per mitigare l'impatto antropico su un sito naturale sottoposto a trasformazione prevede un'articolazione del lavoro nelle fasi raccolte in Tabella 6.

Tabella 6 | Le fasi di articolazione del lavoro secondo la procedura proposta dall'American Public Works Association e dal MID-America Regional Council

fasi di articolazione del lavoro
Fase 1 - Calcolare il curve number ponderato per le condizioni pre sviluppo utilizzando il riferimento del metodo SCS-CN.
Fase 2 - Calcolare il curve number ponderato per lo sviluppo proposto.
Fase 3 - Determinare le misure di qualità dell'acqua, o Livello di Servizio, che compensa la differenza di CN tra Pre e post-sviluppo.
Fase 4 - Calcolare il Valore di Valutazione (VR) ponderato fornito dallo sviluppo proposto, includendo le superfici impermeabili, quelle a copertura vegetativa e la vegetazione conservata o piantumata di nuovo.
Fase 5 - Se il VR ponderato dell'intervento proposto non soddisfa la LS, si può ipotizzare un sistema di mitigazione applicando BMP che ricevono e trattano il deflusso da aree specifiche del sito.
Fase 6 - Calcolare il pacchetto di mitigazione ponderato VR basato sul VR assegnato per ogni BMP e l'area del sito che il sistema BMP deve trattare. Se il sistema di mitigazione proposto non soddisfa il LS, applicare differenti BMP o applicare più sistemi di BMP in un approccio "training train" ovvero in serie.
Fase 7 - Effettuare il progetto di dimensionamento effettivo del sistema di BMP.

Tabella 7 | Output di ogni fasi di articolazione del lavoro secondo la procedura proposta dall'American Public Works Association e dal MID-America Regional Council

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6	Fase 7
CN _M Ante	CN _M Post	LS	VR ponderato Post	Verifica: VR ponderato Post > LS	Calcolo del pacchetto di mitigazione se VR ponderato Post < LS	dimensionamento effettivo del sistema di BMP

Il Livello di Servizio richiesto è determinato dalla variazione del valore del CN o dell'impermeabilità derivante dallo sviluppo proposto e può essere influenzato dalle scelte di progettazione del sito e dalle specifiche BMP.

Tabella 8 | I punteggi del Livello di Servizio associati al cambio di CN (APWA/MARC, 2012)

Variazione di CN	Impatto sulla qualità dell'acqua	Livello di Servizio LS
17 o superiore	Impatto elevato	8
Da 7 a 16	Impatto moderato	7
Da 4 a 6	Impatto basso	6
Da 1 a 3	Impatto minimo	5

La valutazione dei Livelli di Servizio associati al cambio di CN, in Tabella 8, è basata su documentati impatti sulla qualità dell'acqua in bacini con vari livelli di impermeabilizzazione e sulla percentuale di impermeabilizzazione nota di una superficie per vari tipi di sviluppo (CWP 2000b, USDA 1986).

Un Livello di Servizio pari a 4 significa che alcuna modifica è stata apportata al CN nella trasformazione di un territorio naturale e pertanto potrebbe non essere necessario intervenire con l'utilizzo di BMP.

Tabella 9 | Valutazione dei VR associati ai diversi sistemi di BMP (APWA/MARC, 2012)

Copertura o BMP	Valutazione dei VR				VR totale
	Valore qualità acqua	Riduzione di volume	Riduzione di Temperatura	Rimozione di olio e grasso	
Vegetazione nativa conservata o ristabilita	5.25	2	1	1	9.25
Sistema di depressioni inerbite - Bioretention swales	4	2	1	2	9
Infiltration Practices Sistema di filtrazione	4	2	1	2	9
Bacini di bioritenzione - Bioretention basins	4	1.5	1	2	8.5
Pavimentazione permeabile	3	1.5	1	2	7.5
Zone umide artificiali - Constructed wetlands	4	2	0	1	7.0
Misure di filtrazione	4	0	0	2	6.0
stagni - Ponds	3	2	-1	1	5.0
Fasce tampone - Swale/ buffer systems	3	1	0	1	5.0
Singola depressione inerbita	3	1	0	0	4.0
esteso Bacino secco di detenzione	2	1	0	1	4.0

Tabella 10 | Calcolo del Valore di Valutazione (APWA/MARC, 2012)

A	Sistema di valutazione del valore della qualità dell'acqua	0	1	2	3	4+
	Median Concentration of TSS in Effluent (milligrams per liter)	> 100 mg/L	50 – 100 mg/L	20 – 50 mg/L	10 – 20 mg/L	<10 mg/L
B	Sistema di valutazione della riduzione di volume	0	1	2		
		Minima o nulla	Moderata	Significativa		
C	Sistema di valutazione della riduzione di temperatura	-1	0	1		
		La temperatura incrementa	La temperatura rimane invariata	La temperatura diminuisce		
D	Sistema di valutazione della rimozione di olio e grasso	0	1	2		
		Minima o nulla	Moderata	Significativa		

Il Valore di Valutazione è calcolato utilizzando la formula seguente:

$$VR = A+B+C+D$$

Dove

A = valore della qualità dell'acqua

B = riduzione di volume

C = riduzione di temperatura

D = rimozione di olio e grasso

L'American Public Works Association e il MID-America Regional Council (APWA/MARC, 2012) propongono per la Valutazione del Livello di Servizio della BMP l'utilizzo di un foglio di lavoro (worksheet) che è illustrato nell'immagine che segue (Figura 24).

WORKSHEET 1: REQUIRED LEVEL OF SERVICE - UNDEVELOPED SITE

Project:
Location:

By:
Checked:

Date:
Date:

1. Runoff Curve Number

A. Predevelopment CN

Cover Description	Soil HSG	CN from Table 1	Area (ac.)	Product of CN x Area
Totals:				

Area-Weighted CN = total product/total area = (Round to integer)

B. Postdevelopment CN

Cover Description	Soil HSG ¹	CN from Table 1	Area (ac.)	Product of CN x Area
Totals:				

¹ Postdevelopment CN is one HSG higher for all cover types except preserved vegetation, absent documentation showing how postdevelopment soil structure will be preserved.

Area-Weighted CN = total product/total area = (Round to integer)

C. Level of Service (LS) Calculation

		Change in CN	LS
Predevelopment CN:		17+	8
Postdevelopment CN:		7 to 16	7
		4 to 6	6
		1 to 3	5
Difference:		0	4
		-7 to -1	3
LS Required (see scale at right):		-8 to -17	2
		-18 to -21	1
		-22 -	0

Figura 16 | Foglio di lavoro proposto dall'American Public Works Association e dal MID-America Regional Council per la Valutazione del Livello di Servizio LS della BMP (APWA/MARC, 2012)

L'output delle prime 4 fasi di articolazione del lavoro individuati nella Tabella 6 consente, pertanto, secondo la procedura proposta dall'American Public Works Association e dal MID-America Regional Council, di individuare il valore VR ponderato per la situazione post intervento. Una volta determinato tale valore è possibile effettuare la verifica del requisito previsto dal Livello di Servizio auspicato. Il VR ponderato della trasformazione territoriale proposta deve soddisfare o superare il valore di LS richiesto.

Qualora il VR ponderato per la situazione post intervento sia minore del Livello di Servizio auspicato è necessario effettuare una variazione nel progetto che tenga conto di un'attenzione maggiore verso la sostenibilità dell'intervento e quindi ipotizzare un sistema di mitigazione che possa contribuire a diminuire la differenza tra il valore del CN_M Post e il valore del CN_M Ante.

A seguito dell'ipotesi di un sistema di mitigazione si può procedere con una sequenza iterativa di perfezionamento della soluzione di BMP ipotizzata, progettando anche più sistemi di BMP in serie, fino a verificare il requisito previsto dal Livello di Servizio auspicato con una soluzione di gestione delle acque piovane ottimale. Si promuove così l'applicazione di progetti che siano in grado di minimizzare l'impatto sul sito e che possano preservare la naturalità dell'ambiente in cui è prevista la trasformazione. Nei casi in cui ciò non sia possibile è necessario mitigare l'impatto dell'intervento con una progettazione atta a promuovere l'infiltrazione dell'acqua piovana, la ritenzione di volume e il trattamento dell'acqua presente nel sito. Accanto a questo, adeguate considerazioni dovrebbero essere ugualmente date alla selezione di essenze vegetali che rispondano sia all'obiettivo funzionale di miglioramento alla gestione delle acque piovane sia all'obiettivo estetico. L'American Public Works Association e il MID-America Regional Council ha redatto una guida per stabilire le massime dimensioni di estensione delle BMP in base alla tipologia prescelta che sono riportate in Tabella 11.

Tabella 11 | Massime estensioni di BMP in base alla tipologia (APWA/MARC, 2012)

Sistema di depressioni inerbite - Bioretention swales	< 1 acro = 4046 mq
Bacino di filtrazione	< 2 acri = 8093 mq
Trincea di filtrazione	< 5 acri = 20234 mq
Bacini di bioritenzione - Bioretention basins	< 2 acri = 8093 mq
Pavimentazione permeabile	Quanto necessario. Se le superfici impermeabili scaricano su Pavimentazioni permeabili non dovrebbero superare più di 2/3 dell'area totale
Zone umide artificiali - Constructed wetlands	Tra 2 acri e 1000 acri ovvero tra gli 8093 mq e i 4,05 kmq
Misure di filtrazione	<50 acri per tipologie in superficie, <1 acro per tipologie sotterranee, <5 acri per tipologie compatte

2.4 Gli strumenti ICT - Information and Communication Technology

I nuovi sviluppi insediativi dovrebbero essere progettati per ridurre al minimo gli impatti sulla qualità e sulla quantità delle acque che possono causare, eventualmente, inondazioni a valle. Il controllo del processo autorizzativo del nuovo intervento diventa un mezzo per spingere il progettista a definire, sulla base delle valutazioni del deflusso, la dimensione richiesta da una BMP per soddisfare la necessaria riduzione degli impatti che l'intervento proposto potrebbe causare. Si tratta di conseguenza di individuare un indicatore che sia in grado di caratterizzare l'unità elementare, che è sottoposta alla valutazione degli impatti insistenti ex-ante ex-post, rappresentata dalla particella catastale coinvolta dall'intervento. A disposizione di questo processo si trovano gli strumenti ICT - Information and Communications Technology, in italiano le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, che è possibile adattare alle esigenze di valutazione ambientale. Secondo Pistocchi (2001) solo dalla corretta rappresentazione e previsione delle georisorse e dei loro processi può derivare la fondazione razionale delle prassi e delle politiche ambientali che la pianificazione territoriale richiede con crescente urgenza. Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione possono, secondo Hendriks (1999), migliorare la condivisione delle conoscenze riducendo le barriere temporali e spaziali tra i lavoratori e migliorando l'accesso alle informazioni. Uno degli strumenti ICT globalmente utilizzati per le analisi territoriali è la tecnologia GIS Geographic Information System.

La tecnologia GIS - Geographic Information Systems è nata negli Stati Uniti intorno al 1960 e riguarda in modo più diffuso sistemi di cartografia informatizzata noti in Italia con il termine SIT Sistemi Informativi Territoriali.

2.5 Il GIS e le potenzialità dello strumento

La tecnologia GIS fornisce la capacità di compiere analisi spaziali e permette di evidenziare graficamente i risultati di interrogazioni sulle raccolte di dati collegati alla cartografia. Le raccolte di dati collegati alla cartografia, chiamate anche database (DB), che è un termine inglese che sta a significare in italiano base di dati o banca dati, archiviano in modo strutturato i dati tramite una o più componenti (file o tabelle).

La tecnologia GIS consente l'acquisizione, la memorizzazione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di informazioni derivanti da dati geografici e dalla cognizione della posizione relativa degli oggetti archiviati. Essa garantisce la capacità di compiere analisi spaziali e permette di evidenziare graficamente i risultati di interrogazioni relazionali sui database collegati alla cartografia quindi, in altre parole, un sistema di cartografia interattiva è uno strumento che permette di analizzare le relazioni tra gli oggetti localizzati sul territorio.

Il valore aggiunto di questa tecnologia è che i dati, archiviati correttamente, sistematicizzati e localizzati cartograficamente, sono consultabili simultaneamente da più tecnici in rete anche in luoghi differenti.

Un sistema informativo geografico può essere definito come l'insieme di tecnologie in grado di eseguire qualsiasi operazione sulle informazioni geografiche, l'acquisizione e la raccolta attraverso la visualizzazione, l'interrogazione e analisi per la modellazione, la condivisione e l'archiviazione. (Goodchild 1992, Longley et al., 1999, 2010).

Il GIS permette l'utilizzo di un sistema di cartografia interattiva e può facilitare la gestione dei fenomeni che devono essere tenuti presenti nella gestione territoriale in considerazione della loro complessità, della loro interazione, del crescente numero di dati disponibili (spesso anche in tempo reale). Di conseguenza, tra gli effetti a disposizione si trovano la consultazione di mappe statiche o interattive, la possibilità di effettuare ricerche geografiche, il supporto alle scelte e l'ottimizzazione delle risorse e dell'organizzazione sul territorio.

Un sistema informativo geografico è composto da diversi elementi che sono:

- hardware,
- software,
- procedure e
- dati.

Il GIS si configura come strumento di supporto decisionale, Decision Support System, per l'analisi del territorio e per la valutazione degli impatti antropici, in quanto facilita una corretta decisione operativa che si basa su una corretta interpretazione della realtà consentendo:

- la dotazione di un geodatabase condiviso,
- la dotazione di una base cartografica comune,
- la diffusione di informazione tra enti differenti,
- la diffusione di dati in tempo reale,
- gli strumenti per l'aggiornamento continuo delle informazioni,
- gli strumenti per l'analisi dei fenomeni,
- la formazione delle persone ai vari livelli e nei diversi settori,
- l'ottimizzazione delle potenzialità delle procedure,
- l'ottimizzazione delle risorse.

I sistemi GIS schematizzano le informazioni in una struttura a più livelli informativi (o tematici) detti layer, ciascuno contenente un singolo tematismo. Il GIS consente l'integrazione delle conoscenze tramite la sovrapposizione di contenuti informativi differenti offrendo una visione multisettoriale e multiscalare delle dinamiche esistenti. Tra gli strati tematici di interesse per le valutazioni ambientali si trovano l'uso del suolo, i bacini idrografici, la carta delle pendenze, la geologia e la pedologia.

L'integrazione di conoscenze produce la sovrapposizione di contenuti informativi differenti che interagiscono nello stesso luogo e influenzando le dinamiche e gli effetti dell'antropizzazione.

Ogni unità territoriale è associabile a un set di informazioni (attributi) utili per le decisioni territoriali. Queste informazioni sono organizzabili all'interno di database relazionali, oggi integrati nei GIS.

Il sistema è di tipo informativo poiché le informazioni dei diversi temi sono archiviate in tabelle di dati collegate tutte tra loro ed arricchite con la conoscenza della posizione relativa degli oggetti descritti. Queste tabelle con almeno un campo identificativo, la descrizione, le coordinate x,y,z formano il geodatabase o banca dati georeferenziata. Tutti i dati sono pertanto posizionati correttamente sul territorio rispettando le proiezioni e le scale grafiche e l'errore di rilievo delle informazioni è compreso nella tolleranza permessa dal progetto.

2.5.1 I modelli cognitivi nel GIS

Una fondamentale caratteristica dei sistemi GIS è quella di impostarsi su un'analisi cognitiva dei vari aspetti che sono combinati per rendere la realtà ambientale (Di Giacomo, 2015). L'approccio ontologico alla base è la capacità di vedere la realtà come una mappa cognitiva, come un sistema dinamico di conoscenze multiple guidate dall'astrazione delle conoscenze con pertinenza geografica.

Per Guarino e Giaretta (1995) l'ontologia si occupa "della natura e dell'organizzazione della realtà". L'ontologia, uno dei rami fondamentali della filosofia, si occupa infatti, dello studio della natura dell'essere, del divenire, dell'esistenza e della realtà in generale, nonché delle categorie di base dell'essere e le loro relazioni (Di Giacomo, 2016).

Nel processo generale di formazione dei documenti di Pianificazione, il Sistema Informativo Territoriale ha il compito di organizzare i dati grezzi a valenza territoriale e trasformarli in dati tecnico-amministrativi di pianificazione e successivamente di programmazione. Dal punto di vista tecnico informatico, i dati, debitamente archiviati e strutturati nella banca dati, vengono interrogati con analisi mirate, in modo da operare come base per i modelli interpretativi più o meno complessi dei fatti territoriali e per "distillare" le informazioni fondamentali per la pianificazione.

La successiva elaborazione dei risultati dei modelli consente di esaminare il territorio da diverse angolazioni e fornisce un indispensabile supporto alle decisioni progettuali, aiuta a definire la trasformabilità del territorio, tiene conto dei vincoli territoriali, contribuisce ad individuare i programmi degli interventi.

Le fasi per lo start up di un sistema Informativo territoriale coprono momenti identificati con modelli cognitivi schematizzabili in:

- MODELLO CONCETTUALE DEI DATI
- MODELLO INTERPRETATIVO DEL TERRITORIO PER ANALOGIE
- MODELLO SPAZIALE DEI DATI
- MODELLO della BANCADATI (DATABASE MODEL) (Di Giacomo, 2016).

Le fasi individuabili nella vita (gestione) del sistema informativo territoriale includono momenti identificati con modelli cognitivi schematizzabili in:

- **MODELLO DI GESTIONE DEL DATO** (meta-informazione)**MODELLI DI CALCOLO**
- **MODELLO DI RAPPRESENTAZIONE** del dato (Graphical Data Model)

Nella fase di start up di un sistema Informativo territoriale si individua il momento riferibile alla strutturazione del **MODELLO CONCETTUALE DEI DATI** che serve per creare un *continuum* tematico del progetto, per comporre la realtà nei singoli tematismi, per creare uno spazio integrato raster–vector e per definire la proiezione di lavoro del progetto. La fase relativa al modello concettuale dei dati consente di discretizzare la realtà nei singoli temi che la compongono creando una sorta di spazio integrato raster e vector (Peuquet 1988) dove avviene la giustapposizione delle componenti tematiche che interagiscono su quel determinato territorio. I dati raccolti, successivamente approfonditi e omogeneizzati, formeranno la base informativa del sistema.

La successiva fase riguarda, invece, ciò che Peuquet indicherebbe come *Analogue Model* (Peuquet 1988), il **MODELLO INTERPRETATIVO DEL TERRITORIO PER ANALOGIE** che presuppone approfondimenti tematici e ridefinizione delle zonizzazioni preesistenti attraverso astrazioni mentali che definiscono aree omogenee alle quali attribuire uno stesso codice o valore per indicare comportamenti tematici analoghi. Questa è una fase in cui le astrazioni concettuali e le codifiche delle aree omogenee producono delle approssimazioni.

La fase del **MODELLO SPAZIALE DEI DATI** (*Spatial Data Model*) si configura come un momento di verifica della correttezza areale dei temi precedenti, dove le misure delle grandezze precedentemente definite e la loro rappresentazione spaziale assumono la forma definitiva di poligoni “intelligenti”. Questa fase comporta, in genere, la ripermetrazione dei dati provenienti da scale differenti e l’aggiustamento di eventuali disallineamenti sulla base di corretti confini noti. Terminata la definizione spaziale dei temi la fase di realizzazione del **MODELLO DELLA BANCADATI** riguarda la sistemazione dei dati. In particolare sono previsti la definizione e la costruzione del modello dei dati (Database Model), il popolamento della banca dati delle areole dei diversi temi con la parte descrittiva di ogni singolo tema.

La fase del **MODELLO DI GESTIONE DEL DATO** riguarda, invece, la meta-informazione che descrive un insieme di dati a partire da ciò che riguarda la validazione del dato, la strutturazione dei Temi, delle Collezioni, degli Oggetti e le definizioni delle Operazioni che riguarda. Questa fase è fondamentale per la gestione delle informazioni, per specificare il contenuto dei dati e la struttura tematica, utili per il riuso dei dati. Quando il dato spaziale, è validato sia nell’aspetto spaziale che in quello tematico da chi ha firmato quello strato informativo, è pronto per essere distribuito agli altri componenti del gruppo di lavoro dell’ente e fuori, poiché (con tutte le limitazioni ed ulteriori approfondimenti che possono sempre essere fatti) è ormai arrivato ad avere una definizione che permette il suo ri-uso anche fuori del contesto che lo ha generato. Occorre pertanto la massima disponibilità e chiarezza nel descrivere tutte quelle informazioni di cui nel momento della produzione del dato si viene a conoscenza anche quando spesso sono poco rilevanti nella fasi di lavoro che si sta facendo perché divengono indispensabili nella fase di riuso del dato. Nasce quindi la necessità di fornire a questa conoscenza tematica la sua meta informazione che è relativa all’iter che il dato ha seguito per arrivare ad essere quello presente nella bancadati.

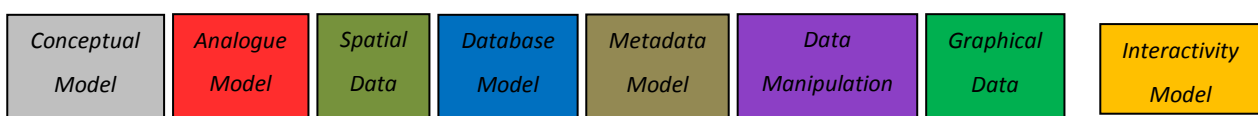
La fase dei **MODELLI DI CALCOLO** riguarda l'analisi dei dati e le relative ricerche; è la fase della modellistica, più propriamente detta (Data Manipulation Model). Con input dai dati nel data base si producono nuove aggregazioni tematiche e nuovi temi derivati da quelli di base.

Il **MODELLO DI RAPPRESENTAZIONE DEL DATO** (Graphical Data Model) riguarda, infine, la fase di vestizione e stampa dei temi e presentazione dei risultati della modellistica per rendere i risultati comunicabili al pubblico magari con notazioni esplicative (label). In questo momento diviene importante la rappresentazione del dato sia a stampa che a video in modo da essere correttamente e facilmente compreso dal maggior numero di utenti appartenenti o meno al settore.

Sviluppando ulteriormente tale percorso cognitivo evidenziato già nel 1984 dalla Professoressa Peuquet D. J. e dall'University Consortium for Geographic Information Science (Figura 17) il **MODELLO DI INTERATTIVITÀ SUL WEBGIS** potrebbe essere una nuova evoluzione del processo conoscitivo che si fonda sulla tecnologia dei Geographic Information Systems soprattutto nel settore della prevenzione dei rischi. I sistemi informativi geografici costituiscono una fonte informativa importantissima per monitorare le emergenze, quantificare i rischi, individuare gli scenari di evoluzione di un determinato fenomeno e gestire il territorio. Questo tipo di informazioni rappresentano un dato essenziale per le Amministrazioni Pubbliche e si configurano come un supporto alla fase di valutazione del rischio ambientale e un contributo alla definizione di scenari da utilizzare per la pianificazione di interventi di tutela.

L'accesso alle informazioni geografiche ambientali, contenute nelle cosiddette banche dati cartografiche, così come la loro gestione, pubblicazione e condivisione, non sarebbe possibile senza l'ausilio della tecnologia Internet. Il Web-Gis nasce, appunto per collegare tutti i server pubblici e le informazioni disponibili per gestire le informazioni cartografiche sul web. Le soluzioni webGIS consentono di rendere disponibili le informazioni in qualsiasi momento e ovunque al proprio network di utenti e partner. Grazie alle avanzate tecnologie disponibili oggi, infatti, è possibile condividere le informazioni utilizzando formati "*open standard*", che consentono di superare molte barriere all'*information sharing* e di accedere così ai dati senza grossi vincoli di carattere tecnico. Un'applicazione di tipo *web oriented* è l'ideale, poiché, oltre a permettere l'accesso alle informazioni evitando di installare la stessa applicazione su differenti computer client, consente di ridurre al minimo la quantità di dati che circolano sulla rete incrementando la comunicazione e la produttività pur lavorando con ambienti hardware diversi.

La condivisione delle informazioni e l'interoperabilità delle banche dati sono, come è evidente, alla base della libera circolazione e fruibilità dei dati cartografici e creano il presupposto per la disponibilità degli stessi dati ad un numero virtualmente illimitato di utenti. Tali soluzioni permettono il completo accesso dall'esterno ai dati cartografici e forniscono una serie di funzionalità idonee alla gestione centralizzata dell'applicazione, alla protezione dei dati, al lavoro remoto e all'utilizzo diretto da parte di chi opera sul campo.



Percorso cognitivo noto
Figura 17 | Rappresentazione grafica del processo cognitivo nel GIS

Evoluzione

2.6 Struttura dell'applicazione

Per la progettazione dell'applicazione proposta si è partiti dal sistema esistente presso l'Ufficio Idrografico e attraverso l'analisi della metodologia utilizzata nell'ultimo decennio sono state verificate le possibilità di evoluzione degli strumenti esistenti in strumenti innovativi integrati con le attività di pianificazione e controllo autorizzativo.

L'Ente pubblico la cui finalità è quella di descrivere i fenomeni climatici, idrologici e marittimi in rapporto alle necessità della difesa del suolo ed alle proposte di utilizzazione delle risorse idriche è l'Ufficio Idrografico e Mareografico della Regione Lazio (di seguito Ufficio Idrografico). Questo Ufficio, infatti, provvede al rilevamento, alla validazione, all'archiviazione e alla pubblicazione delle grandezze climatiche, idrologiche e idrografiche interessanti il reticolo superficiale e sotterraneo, le lagune, il clima marittimo, i livelli marini ed i litorali. L'Ufficio Idrografico svolge in particolare compiti elencati nella Tabella 12.

Tabella 12 | I compiti dell'Ufficio Idrografico e Mareografico

I compiti dell'Ufficio Idrografico e Mareografico
rilevazione sistematica ed elaborazione delle grandezze relative al clima terrestre, marittimo, allo stato dei litorali ed ai livelli marini
rilevazione sistematica dei corsi d'acqua
rilevazione sistematica ed elaborazione delle grandezze relative ai deflussi superficiali, al trasporto solido, ai deflussi sotterranei e delle sorgenti, nonché osservazione e studio dell'erosione superficiale
fornitura degli elementi per la predisposizione dei criteri, metodi e standard di raccolta, elaborazione e consultazione dei dati relativi all'attività conoscitiva in materia di difesa del suolo
pubblicazione sistematica degli elementi osservati ed elaborati nonché pubblicazione di cartografie tematiche
fornitura di pareri sulle domande di grandi derivazioni e sui progetti di opere civili idrauliche e di bonifica di competenza statale
collaborazione con le regioni, gli enti competenti e le amministrazioni locali, alla tutela delle acque dall'inquinamento mediante l'accertamento della misura della quantità e della qualità dei corpi idrici.

L'Ufficio Idrografico ha sviluppato l'applicazione esistente al sito www.idrografico.roma.it che consente (Figura 18), coerentemente ai compiti esposti, la consultazione di una vasta serie di informazioni strutturate in un SIT Sistema Informativo Territoriale On-Line. I layer tematici contenuti nel SIT hanno riguardato ambiti vari dalla idrografia all'orografia, dall'idraulica alla geologia.

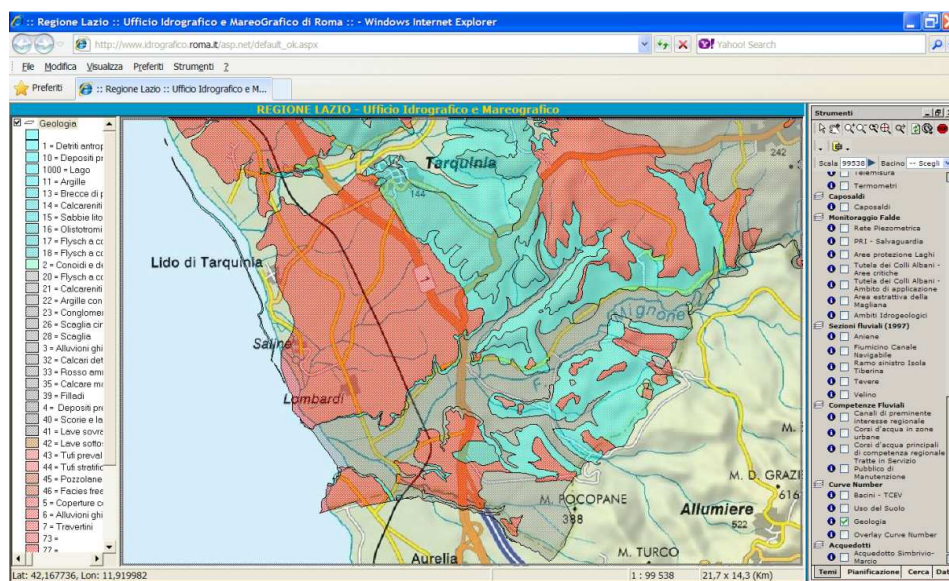


Figura 18 | Esempio di schermata dell'applicazione esistente al sito www.idrografico.roma.it dell'Ufficio Idrografico e Mareografico della Regione Lazio

Per quanto riguarda la distribuzione delle precipitazioni, i fattori che influenzano la distribuzione spaziale delle piogge sono molteplici: su larga scala principalmente la latitudine e la disposizione delle masse marittime e continentali; su scala ridotta la distanza dalle fonti di umidità e l'orografia (Artina et al., 1997). Lo studio della distribuzione spaziale delle piogge viene condotto individuando le correlazioni esistenti tra i diversi parametri che caratterizzano questi fenomeni e numerosi sono i metodi comunemente impiegati per il calcolo degli afflussi pluviometrici.

Secondo il Manuale di Progettazione, Sistemi di Fognatura (Artina et al., 1997) per l'accidentata morfologia del territorio italiano le caratteristiche pluviometriche sono molto variabili nello spazio e le singole serie pluviometriche hanno spesso una durata limitata e sono poco attendibili per le elaborazioni statistiche. Per superare questi limiti è stata quindi effettuata la regionalizzazione delle piogge per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni. La regionalizzazione delle piogge è stato uno degli obiettivi del Progetto VAPI (Valutazione Piene), sviluppato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche negli anni '90. Il Progetto VAPI ha suddiviso l'intero territorio nazionale in compartimenti per determinare la distribuzione spaziale delle piogge; in Figura 19 è rappresentata la Regionalizzazione delle piogge intense svolta nell'ambito del progetto VAPI su un'ampia fascia dell'Italia Centrale comprendente tutti i bacini del Compartimento di Roma del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, ossia il bacino del Tevere e i bacini minori con foce lungo il litorale del Lazio (Calenda et al. 1994; Calenda e Cosentino 1996).

La Convenzione di Ricerca tra la Regione Lazio – A.B.R. Autorità dei Bacini Regionali e l'Università degli Studi di Roma TRE – D.S.I.C. Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile ha consentito di eseguire degli Studi per l'aggiornamento del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico durante i quali è stata effettuata la regionalizzazione delle portate e dei volumi di piena dei bacini regionali. In questi studi sono state esaminate le caratteristiche topografiche, geologiche e pedologiche dei bacini, che determinano la concentrazione dei deflussi e le perdite idrologiche, e le intensità delle piogge intense, che variano apprezzabilmente allo scopo di introdurre dei parametri rappresentativi delle principali caratteristiche dei bacini e dell'ingresso pluviometrico. A seguito delle considerazioni condotte sui parametri rappresentativi delle principali caratteristiche dei bacini è stata eseguita una regionalizzazione delle portate a partire dalle osservazioni di pioggia, adottando la procedura proposta del programma VAPI.

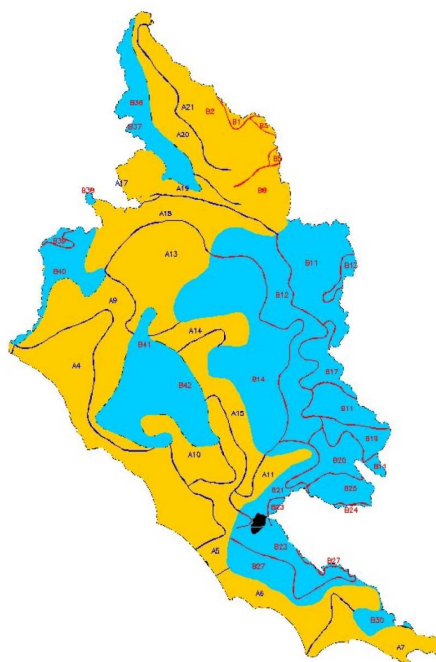


Figura 19 | Sottozona del progetto VAPI relative al bacino del Tevere e i bacini minori con foce lungo il litorale del Lazio (A.B.R. e D.S.I.C.)

Tale procedura prevede l'impiego di modelli afflussi-deflussi che utilizzano come ingresso pluviometrico una regionalizzazione delle piogge intense, elaborate nella forma di leggi di probabilità pluviometrica (relazioni Intensità-Durata-Frequenza o IDF) espresse tramite la legge asintotica del massimo valore tipo 1 a due componenti o TCEV (Two Component Extreme Value o modello probabilistico a doppia componente).

La legge TCEV è stata introdotta in considerazione che in numerosi pluviometri analizzati durante lo studio si sono registrati alcuni eventi assolutamente straordinari, la cui intensità supera di gran lunga le intensità inferiori di pari durata e nota in letteratura anglosassone come outliers.

Il modello probabilistico a doppia componente (TCEV) interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni di eventi distinte: la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi; la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma spesso catastrofici.

I modelli rappresentano complessi fenomeni di natura idrologica e idraulica che avvengono nel corso delle precipitazioni con lo scopo precipuo di valutare il massimo picco delle portate defluenti (Artina et al., 1997).

La procedura adottata in genere nei modelli può essere schematizzata nelle seguenti fasi:

1. individuazione della precipitazione di progetto:
 - determinazione della legge di probabilità pluviometrica con assegnato periodo di ritorno;
 - ragguaglio sull'area della precipitazione;
 - determinazione della distribuzione temporale della precipitazione (pluviogramma di progetto);
2. determinazione pioggia netta a seguito di:
 - intercettazione ed evaporazione a causa della vegetazione;
 - evapotraspirazione;
 - ritenzione nelle depressioni superficiali;
 - infiltrazione nei suoli permeabili;
3. rappresentazione della formazione della piena a seguito di:
 - deflusso delle superfici versanti;
 - deflusso nella rete dei collettori.

Nell'ambito dell'utilizzo della banca dati dell'Ufficio Idrografico e Mareografico della Regione Lazio (quando questo ancora era alle dipendenze della Presidenza del Consiglio dei Ministri come Ufficio Idrografico e Mareografico), con l'Ing. Mauro Bencivenga e l'Ing. Gabriele Nardone è stata fatta una Convenzione con l'Università degli Studi di Roma Tre nell'ambito del Master "Ingegneria ed Economia dell'Ambiente e del Territorio". Una delle ricerche portate avanti a seguito della Convenzione ha riguardato l'utilizzo del dato dell'Ufficio Idrografico, arricchito dal dato della conoscenza geologica (Carta Geologica digitale della Regione Lazio in scala 1:25.000) e della carta dell'uso del suolo (Corine Land Cover anno 2001) per sperimentare il metodo SCS- Curve Number sviluppato dal Dipartimento di Agricoltura degli Stati Uniti d'America per stimare i deflussi superficiali sui bacini della Regione Lazio (ad opera dell'Ing. Manuel Jesus Arana Raunelli).

Per quanto riguarda l'uso del suolo la base dati utilizzata è quella del progetto Corine Land Cover. Il progetto europeo Corine Land Cover (CLC) è nato nel 1990 (CLC90) con particolare attenzione alle esigenze di tutela ambientale specificamente per il rilevamento e il monitoraggio delle caratteristiche di copertura e uso del territorio a scala 1:100.000. Il progetto prevedeva inizialmente 44 classi di copertura del suolo suddivise in 3 tre livelli (5 classi per il primo livello, 15 per il secondo livello e 44 per il terzo). Ulteriori aggiornamenti si sono avuti nel 2000 e nel 2006. (ISPRA 2013).

Il lavoro di preparazione dei dati dello sviluppo della modellistica territoriale e della cartografia in internet nella parte finale del bacino del fiume Mignone è stato realizzato dall'Ing. Manuel Jesus Arana Raunelli in collaborazione con la società Alpha Consult s.r.l. che cura tuttora la gestione online di tale applicazione.

La preparazione del dato ha visto la realizzazione degli strati conoscitivi elencati nella Tabella 13 mentre in Tabella 14 sono illustrati i diversi momenti di attività attuati.

Tabella 13 | Gli strati conoscitivi fondamentali per la modellistica contenuti nel SIT

Gli strati conoscitivi fondamentali per la modellistica contenuti nel SIT
- bacini dell'Ufficio Idrografico come da pubblicazione del poligrafico dello Stato - curve TCEV definite dai Proff. Calenda e Mancini nell'ambito del Progetto VAPI - l'uso del suolo Corine Land Cover realizzato dal Dott. Claudio Cattena della Regione Lazio e - la nuova Carta Geologica Regionale in scala 1:25.000 ottenuta con la digitalizzazione dei fogli di formazione della vecchia Carta Geologica Nazionale in scala 1:100.000 nel quale lavoro è confluita la ricerca fatta dalla Regione Lazio negli ultimi anni.

Tabella 14 | Le fasi per la realizzazione del sistema di cartografia

Le fasi per la realizzazione del sistema di cartografia
1. Raccolta dati ed eventuale vettorializzazione; 2. Editing dei dati (build&clean-up e topologia); 3. Realizzazione delle tabelle topologiche da inserire nella banca dati a formare il geodatabase; 4. Overlay topologico; 5. Realizzazione di applicazioni sui dati dell'overlay in rete a costituire il servizio WEBGIS.

Dopo l'iniziale fase di raccolta dati si è attuata la fase di editing sia geometrico, per la mosaicatura di tutti i temi tra di loro (posizionamento sulla stessa proiezione, definizione del livello di errore ammissibile, definizione della congruenza a livello di scala), sia **topologico** per rendere intelligente il singolo tema.

L'editing serve a permettere ai dati di essere integrabili tra loro e di essere archiviati e consultabili all'interno di una base di dati (database). Il database è una collezione di dati utilizzati per rappresentare le informazioni di interesse per un sistema informativo.

Durante la fase di editing viene effettuata l'operazione di build&clean o di clean-up. L'operazione di build&clean (secondo terminologia ESRI) letteralmente dall'inglese "costruire&pulire" e di clean-up (secondo terminologia Autodesk) consiste nella verifica della chiusura dei poligoni (oggetti areali definiti spazialmente e con identificativo univoco).

L'operazione di clean-up per pulire il disegno spezza le polilinee agli incroci di più poligoni ed evita sovrapposizioni di linee. Le linee che appartengono a più poligoni devono essere univoche altrimenti non è possibile effettuare la topologia: i poligoni, realizzati durante la fase di vettorializzazione dei dati, devono essere elementi areali chiusi; qualora questi non fossero perfettamente chiusi, con vertici coincidenti negli stessi punti, non sarebbe possibile l'operazione di creazione della topologia.

La **topologia** serve ad attribuire delle caratteristiche agli oggetti del disegno e a permettere un futuro collegamento alfanumerico all'elemento grafico tramite il database.

Durante la creazione della topologia si verifica la presenza di eventuali lacune in testi e/o linee.

Facendo la topologia il testo contenuto all'interno del poligono diviene "centroide" e insieme al poligono al quale è legato viene inserito in un database grafico che riguarda solo la topologia in esame.

A seguito della verifica della correttezza della topologia si passa all'**export nel database** delle tabelle topologiche di quel tema e al loro completamento con la parte geometrica dei poligoni disegnati. Pertanto in questo modo il database grafico e quello alfanumerico vengono uniti.

In altre parole:

- la tabella del database grafico è costituita dagli elementi geometrici che compongono il disegno quindi dalle aree, dal colore, dalla posizione dei vertici (quindi dalle coordinate), dalle lunghezze dei poligoni disegnati.
- ogni tabella (a seconda della tipologia di primitiva: punto, linea, superficie) del database topologico è costituita invece dalla conoscenza delle reciproche posizioni spaziali dei poligoni (o linee o punti) che ne descrivono le connessioni, l'adiacenza, l'inclusione ecc.

Questi due gruppi di tabelle del database vanno a formare il **geodatabase** nel quale la componente spaziale e quella tematica sono integrate.

In tal modo ogni singolo poligono appartiene ad un tema con un valore univoco codificato in quel tema e si colloca perfettamente nello spazio con proprie coordinate specifiche. Le relazioni topologiche che sussistono tra entità geografiche sono:

- di equivalenza (si sovrappone completamente);
- di equivalenza parziale (si sovrappone parzialmente, attraversa);
- contenimento (è interna);
- adiacenza (è connessa o incontra);
- separatezza (è disgiunta)

In altre parole, ogni singola primitiva "conosce" la posizione reciproca degli oggetti su quel tema analizzato e quindi:

- i poligoni che sono a questo adiacenti se topologia areali,
- i segmenti (denominati "archi o tronchi") che precedono o seguono se topologia lineare.

La topologia areale quindi, nel contesto usato nei sistemi informativi territoriali, descrive le reciproche relazioni spaziali tra gli oggetti disegnati e le modalità di connessione tra i medesimi. In una rete, la topologia, si riferisce al modo in cui sono interconnessi i nodi che la compongono e determina le modalità di collegamento tra qualsiasi coppia di nodi.

La topologia può applicarsi ad oggetti del territorio schematizzabili alla scala di rappresentazione:

- come **punti** ad esempio un idrante, un ospedale, un pozzo (topologia indicata come nodo in Autodesk per differenziarsi da ESRI che la chiama Puntiforme);
- come **linee** ad esempio una rete di strade, acquedotti, fiumi... (topologia rete/Network)
- come **poligoni** qualunque zonizzazione areale.

Gli strati conoscitivi elencati sono stati quindi nel tempo resi topologici in modo da poter essere sovrapposti tramite il procedimento di **overlay**.

La realizzazione di un sistema di cartografia prevede, infatti, successivamente alla raccolta dati e alla creazione delle singole topologie, un momento di sovrapposizione di temi e di creazione dell'overlay topologico. Per overlay si intende un operatore spaziale che è dotato della capacità di sovrapporre più temi consentendo di associare una struttura topologica ad un disegno CAD e quindi associare informazioni di pertinenza alle singole aree chiuse. Preparati i numerosi tematismi di interesse, si è in grado, grazie all'operazione di overlay, di sovrapporre i diversi temi, e quindi studiarne i rapporti. La medesima operazione fatta manualmente anche se fattibile, è impraticabile al crescere della complessità dei dati e delle aree da analizzare. La tecnologia rende fattibile la sovrapposizione, o meglio l'intersezione, e permette di creare un nuovo poligono risultante che è collegato a tutti i temi di base che hanno contribuito a determinarlo. Questo poligono risultante da tutte le intersezioni che chiameremo UTE, Unità Territoriale Elementare sarà così collegata una ed una sola UIE Unità Informativa Elementare. Le UIE sono il quantum elementare di informazione sul quale sviluppare tutte le seguenti operazioni di modellazione. Nella lingua inglese il verbo overlay indica l'azione di porre qualche cosa su di un'altra cosa. Dal "The American Heritage Dictionary of the English Language" <Something that is laid over or covers something else: An area code who

se boundaries are the same as another area code; like a transparent sheet containing graphic matter, such as labels or colored areas, placed on illustrative matter to be incorporated into it.> (The American Heritage Dictionary of the English Language, 2000). La sovrapposizione attribuisce quindi ad un poligono il risultato di una o più intersezioni, il codice derivante dalla sovrapposizione di più piani tematici definendo l'identificazione dello strato informativo. Un overlay topologico è analogamente uno strato informativo completo con le tabelle di topologia; ed un overlay topologico tra più temi topologici è l'informazione risultante grafica arricchita dalle tabelle di dati, che formano la famiglia di overlay che hanno generato l'intersezione finale di un processo. Ogni overlay può essere visto come tema di partenza di base di un'analisi o come tema risultante di un procedimento di produzione di una cartografia tematica; dai poligoni finali dell'ultima intersezione si può sempre risalire al singolo tema di base che ha generato quel poligono.

Le topologie dei Bacini Idrografici, delle curve TCEV, dell'uso del Suolo e della Geologia sono state oggetto di un overlay che ha così creato l'unità territoriale elementare UTE come caratterizzata dall'unità informativa elementare UIE dove la singola areola è descritta da un valore univoco nei temi che hanno formato l'overlay.

Questo approccio permetterà in futuro, qualora fosse disponibile una carta tematica più di dettaglio per le singole componenti tematiche, di sostituire ognuno dei temi oggetto dell'overlay con uno di maggiore dettaglio o di più nuova validazione e aggiornamento.

L'applicazione esistente si basa su un geodatabase nel quale è stato esportato sia il dato dei singoli temi che quello dell'overlay. Il valore dell'overlay si basa sulla precisione della curva del TCEV e sul fatto che per ogni bacino sono state determinate la quota min e la quota massima e pertanto lavorando alla scala di sottobacino i dati di carattere generale sono tutti noti. I dati di pioggia si riferiscono alla serie di proprietà dell'Ufficio Idrografico che si basa sulle registrazioni di circa 700 centraline nella Regione Lazio.

Il Geodatabase risulta così fondamentale poiché si configura come un database che possiede la componente spaziale archiviata insieme alla componente informativa dei singoli dati tematici: ogni poligono è dotato di informazioni su dove è collocato nello spazio e, soprattutto, quali sono i poligoni ad esso contigui. In tal modo il tematismo overlay rappresenta uno strato coprente l'intero territorio del progetto (una sorta di continuum territoriale).

2.7 L'evoluzione dell'applicazione esistente su una piattaforma innovativa

La piattaforma sviluppata con il lavoro di ricerca intende evolvere la metodologia utilizzata nell'applicazione esistente al sito www.idrografico.roma.it per implementare la tecnologia GIS verso l'interoperabilità online con la simulazione tramite webGIS. Il caso di studio è costituito dal miglioramento tecnologico di un sistema di supporto alla decisione di cui si rimanda ad eventuali sviluppi futuri per l'applicazione pratica ad un caso di pianificazione comunale specifico. Le procedure informatiche sono realizzate per facilitare la lettura dei dati e delle cartografie e consentire l'innovazione tecnologica tramite l'elaborazione diretta dei dati contenuti nel geodatabase al fine di effettuare opportune simulazioni al variare degli elementi considerati.

L'applicazione esistente sul sito dell'Ufficio Idrografico è stata sviluppata con una versione proprietaria del software Map Guide di Autodesk Inc., sviluppata negli anni '90, che permetteva di scaricare un file in formato .dwg sul Client (che rappresenta il computer sul quale si sta lavorando che comunica con un computer noto come Server che fornisce i servizi richiesti). Il software, detto *vector layer based*, era in grado di esportare gli oggetti, e le informazioni ad essi collegate, contenuti nel file in formato .dwg, poiché i dati ospitati nel Sistema Informativo Territoriale erano di tipo vettoriale (*vector* ovvero vettore in inglese). La nuova versione di Map Guide Open Source permette di visualizzare gli elementi sulla cartografia online come oggetti Raster: il software crea sul client una immagine bitmap, risultato della giustapposizione di pixel, spostando la capacità di calcolo dal Client al Server. L'evoluzione del software segue chiaramente l'evoluzione di hardware e delle reti: negli anni passati la rete internet era più lenta e le risorse delle macchine server non erano molto prestazionali e quindi si trasferivano i dati grezzi dal Server sul client ed erano le risorse della macchina Client ad essere utilizzate per visualizzare il dato grezzo. Oggi invece, le macchine Server sono più prestazionali e sono in grado di produrre cartografia raster e quindi, ad ogni richiesta del client, sono in grado di trasferire sulla rete una videata che è composta dalla rappresentazione raster della finestra di visualizzazione.

Nella nuova versione di rappresentazione raster non è più possibile conoscere le dimensioni degli elementi a meno che non si sviluppino operatività ad hoc. Sulla nuova piattaforma (Figura 20), infatti, sono state sviluppate alcune funzionalità accessorie come quella che permette di conoscere le dimensioni degli elementi o quella che consente di esportare il metadato del layer selezionato, funzioni necessarie per il controllo degli oggetti nel territorio.



Figura 20 | Schermata esemplificativa dell'applicazione

L'architettura flessibile così realizzata è basata su prodotti open source ed è disegnata ad hoc sulle esigenze dell'analisi territoriale, permettendo agli utenti la consultazione dei diversi livelli di strati informativi recuperando anche le informazioni dal database puntandolo direttamente con maschere di interfaccia dalle proprie postazioni informatiche.

La modalità diretta di consultazione/modifica dei dati del database avviene attraverso una "shell", che è un componente che consente l'interazione tra l'utente e l'interfaccia, realizzata in linguaggio Php, che accede alle tabelle e permette operazioni di editing, modifica, cancellazione ed interrogazione dei dati.

Analogamente, gli utenti della cartografia possono produrre le videate cartografiche di interesse accedendo al Server cartografico (Map server) e selezionando i tematismi specifici. Per la realizzazione del server cartografico o map server, per quanto riguarda la cartografia online, si utilizza il software Mapguide Open Source che appartiene alla famiglia di prodotti della Community OSGeo per il Web Mapping (<http://mapguide.osgeo.org/>). Si precisa che con il termine map server si intende il servizio server che serve la cartografia sulla macchina Client.

La piattaforma MapGuide Open Source nasce dalla rapida innovazione realizzata da un'ampia comunità di sviluppatori (OSGeo) e consente di realizzare mappe ricche e interattive, in stile Web 2.0, che costituiscono per gli utenti un mezzo intuitivo e utile per comprendere e analizzare le informazioni spaziali. Il software consente di gestire ogni aspetto della preparazione delle mappe e dei dati geospaziali per le applicazioni Web. È possibile creare la propria applicazione grazie a un'interfaccia intuitiva, visualizzarla in anteprima durante la programmazione, caricare file di dati, connettersi a database esterni ed applicare stili alle carte, il tutto tramite Web. In questa piattaforma è possibile integrare i database della banca dati e quindi il risultato è un unico ambiente con applicazione di valutazione ambientale e applicazione cartografica integrate che lavorano insieme.

Nella tecnologia CAD Computer-Aided Design, ovvero nella progettazione assistita dal computer, un modo tradizionalmente utilizzato per attribuire un'etichetta ad un oggetto disegnato è stato quello di associare a punto, linea e/o superficie un attributo o realizzare un blocco che contenesse le informazioni relative.

L'evoluzione del concetto di attributo è stata quella di definire, all'interno del disegno, una tabella che descrive l'oggetto e ne contiene i dati: la tabella "object data table" evolve il concetto di "blocco" e permette di archiviare i dati alfanumerici dell'oggetto direttamente nella struttura del formato file .dwg nativo di Autodesk inc.

Due acquisizioni di Autodesk inc hanno segnato l'entrata della società nel mondo del GIS prima e poi del WEBGIS: l'acquisizione della società Automated Mapping in Sud Africa che ha comportato la giustapposizione della parte GIS su Autocad Map e l'acquisizione di Map Guide Inc di Denver che ha portato una struttura vettoriale indicizzata in grado di essere trasferita agevolmente in rete. Queste due acquisizioni hanno prodotto una pluralità di conseguenze nel mondo del software Autocad fornendo gli strumenti per trasportare online le informazioni che erano inizialmente disegnate su file in formato dwg.

Con la fusione di Autocad e Autocad Map a seguito dell'acquisizione della società Automated Mapping, è nata la necessità di trasportare il dato descrittivo degli oggetti del disegno dal Client alla visualizzazione sul Server.

Pertanto nella nuova struttura sdf, che è la struttura nativa di Autocad Map, l'object data o l'attributo o il dato del blocco vengono trascritti nel formato sdf per poter essere visualizzati nel progetto di Map Guide.

Da una parte Automated Mapping ha permesso la creazione della topologia e fornito gli strumenti per gestire la trasformazione di coordinate, dall'altra Map Guide con la struttura sdf ha permesso di trasporre queste informazioni su una cartografia online.

Il formato vettoriale utilizzato per tenere traccia delle caratteristiche del poligono disegnato è dunque il formato “.sdf”, nuovo formato di Map Guide che contiene le informazioni relative alle feature (elementi) punto, linea e superficie nello stesso file. A differenza del formato shape di ESRI in cui le feature sono tre strutture dati diverse, il nuovo formato sdf vettoriale, compresso, indicizzato e specializzato per la diffusione su internet, accoglie tutte le informazioni in un unico file.

Il formato dei sistemi informativi territoriali che ha rappresentato l’evoluzione dal CAD al GIS è caratterizzato dall’aver un dato composto o collegato tra la parte di disegno e la parte alfanumerica. Nel CAD le informazioni vettoriali che descrivono un oggetto (punto, linea o superficie), sono caratterizzate da un vettore di cui si conosce l’origine e il verso di percorrenza e i vertici. Nel formato che descrive questo vettore la tecnologia GIS aggiunge uno “slot” o “handle number” (maniglia) cioè un identificativo al quale viene collegata l’informazione. L’identificativo dell’oggetto è detto “ID” nei software della Società Autodesk e “feature ID” nei software della Società ESRI.

Nel formato tradizionale di ESRI, lo shape file (ESRI, 1998):

- la parte .shp è la descrizione vettoriale dell’oggetto
- la parte .dbf rappresenta la componente dell’informazione e
- il file di ponte .shx che è il collegamento tra la parte descrittiva e quella alfanumerica.

Lo shape file è un file geografico vettoriale che comprende al suo insieme la totalità territoriale e alfanumerica di una feature. Il formato file .sdf nato con la Scuola di Denver della Società Map Guide Inc evolve il concetto dello shape file permettendo l’indicizzazione del vettore. Essendo lo sdf un file nativo per essere trasferito in rete, permette all’utente di visualizzare solamente la parte del vettore che è compresa nella finestra geografica di visualizzazione a video. In questo modo, quindi, per la visualizzazione non è necessario che tutto il file sdf sia scaricato come servirebbe invece nel caso dello shape file.

L’evoluzione del formato sdf nella versione nuova open source resa possibile dal lavoro del Consorzio OSGeo (www.osgeo.org) permette di memorizzare nello stesso formato le informazioni dei tre tipi di feature classiche del GIS (punto, linea e superficie). Questo consente, ad esempio, di avere un’unica struttura dati per descrivere una rete di acquedotto dove le tre feature compongono la totalità di un tema complesso: i nodi dei contatori, le tratte delle condutture e le aree di utenza. Il vantaggio dell’utilizzo del formato sdf nella composizione della cartografia online con il Map Server (il server che fornisce il contenuto cartografico) Map Guide Open Source è quello di utilizzare la parte descrittiva del formato sdf per “vestire” in visualizzazione la feature in esame. Per esempio, a seconda del valore nello slot dell’sdf relativo alla proprietà di concentrazione di un valore di riferimento è possibile in corrispondenza colorare la feature indicizzandola senza ricorrere al database esterno dell’oggetto. In questo modo si velocizzano le operazioni di vestizione della cartografia online perché nel Map Server è ospitata tutta l’informazione eliminando la necessità di consultare il servizio di database server che sarebbe altrimenti interrogato se la tematizzazione dovesse riferirsi a campi del database esterni all’oggetto della feature disegnata.

Nella realizzazione di progetti WEB GIS è necessario tener conto, infatti, che accanto all’esigenza di una vestizione accattivante per l’utente, l’ottimizzazione dei tempi di download dell’informazione è fondamentale per la buona riuscita del progetto di visualizzazione poiché il dato viaggia in rete. Tali problemi di lentezza della visualizzazione del dato cartografico si stanno riducendo grazie all’evoluzione delle macchine e alla velocità delle reti ma sono contemporaneamente minacciati dal fatto che una quantità sempre maggiore di dati è scambiata in rete: quindi il valore dell’ottimizzazione delle dimensioni del progetto e della qualità del dato cartografico rimangono validi.

L’applicazione ha previsto lo sviluppo di un database collegato all’oggetto disegnato che abbia le informazioni relative ad area, CN, uso del suolo, descrizione dell’areola di territorio soggetta alla trasformazione.

In questa struttura dati possono essere inseriti, direttamente dal client, i valori con la cartografia di riferimento sottostante e tali valori verranno archiviati nel server cartografico a costituire la bancadati della trasformazione.

Una volta prodotti gli strati informativi dell'uso del suolo, della geologia, della carta delle pendenze, della C.T.R., ecc., perciò, è possibile creare un layer di lavoro (editing) sul quale andare a modificare la nuova situazione progettuale avendo cura di aver messo sul map server un file vuoto che abbia però la struttura dell'object data in grado di accogliere le caratteristiche necessarie alla progettazione. Individuata un'area di progetto, che potrebbe essere presente sottoforma di particella catastale o di comprensorio, all'interno di questa area si possono, dunque, compiere le operazioni di disegno dei nuovi oggetti che rappresentano le areole della trasformazione assegnando le diverse nuove caratteristiche di permeabilità di ciascuna areola in base a quanto sarà costruito in tale area. La cartografia online e il suo geodatabase costituiscono, così, tramite l'applicazione, una bacheca online tipo le cartografie di Google Maps, personalizzate ed arricchite con i dati tecnici dei progetti: geologia, catasto, vincoli, pendenze, idrografia, ecc.

Il portale WEB GIS, da strumento di mera consultazione, diviene la base per una progettazione condivisa online in cui è possibile non solo visualizzare la base informativa esistente ma anche operare a piacimento, online e sullo stesso territorio delle modifiche sugli elementi presenti su tale base informativa. Si configura quindi uno strumento di lavoro in rete che garantisce la massima trasparenza nelle informazioni di base che sono la premessa per una corretta simulazione dei valori progettuali presi in riferimento per la redazione del progetto.

Le nuove funzionalità offerte dal Map Server permettono di progettare azioni dal Client che arricchiscano la base di dati presente sul server cartografico. Questa operazione di arricchimento e popolamento del DB può avvenire sia con il contributo del progettista lato Client, che con l'acquisizione, lato server cartografico, di dati in automatico da centraline disposte sul territorio. Centraline che trasmettono dati di umidità, piovosità, altezza del corso d'acqua, precipitazioni, sono già presenti sul territorio ed esempi di trasmissione dati e di successiva visualizzazione delle informazioni sono stati consultati sul sito dell'Ufficio Idrografico di Roma. Queste informazioni, oggi presenti come tema isolato, potrebbero entrare a far parte dei dati che la modellistica territoriale relativa alla trasformazione delle aree potrebbe prendere come dati di input in un modello più articolato per la definizione dell'afflusso e del deflusso nell'ambito di un bacino idrografico di studio. In questo modo, alle caratteristiche del territorio potrebbero essere giustapposte le caratteristiche del regime delle piogge e del regime della percolazione in falda.

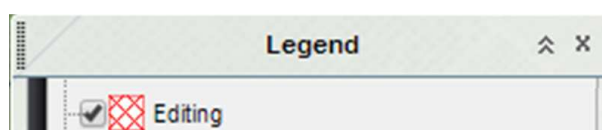


Figura 21 | Il layer di disegno sul quale vengono memorizzati i nuovi oggetti

Con la nuova applicazione nel layer di disegno (Figura 21) si è sviluppata la funzionalità di scrivere direttamente sul Server Cartografico e quindi sul geodatabase per la parte geografica e sul database per la parte alfanumerica. Così facendo si aggiungono punti su un file sdf precedentemente strutturato ed è possibile recuperare un dato vettoriale scaricando il file sdf dal server su un'applicazione che non potrebbe produrlo.

Rispetto all'applicazione dell'Ufficio Idrografico dove si avevano a disposizione dei vettori in cui era stata eseguita la funzione di overlay, nella nuova piattaforma la funzione di overlay è permessa all'utente online grazie al fatto che può scrivere direttamente sul database sulla base delle informazioni sovrapposte consultabili nel SIT.

Il lavoro evolve, in tal modo, quanto realizzato nel progetto FILAS CO-RESERCH “PST/CSA - Pianificazione Strategica Territoriale per una Corretta Sostenibilità Ambientale” realizzato tra il 2012 e il 2014 da un gruppo di ricerca costituito da:

- Università degli Studi della Tuscia - Dipartimento di scienze e tecnologie per l’Agricoltura, le Foreste, la Natura e l’Energia (DAFNE),
- Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura (CRA-CMA),
- Centro di Ricerca per lo studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo (CRA-RPS),
- “Sapienza” Università di Roma - Dipartimento di Architettura e Progetto (DIAP) e dalla
- PMI Alpha Consult s.r.l..

Il Progetto “PST/CSA - Pianificazione Strategica Territoriale per una Corretta Sostenibilità Ambientale” (consultabile al link www.alphaconsult.it/pst) prevedeva che la selezione a video dei poligoni, determinati dalla funzione di overlay di temi differenti per i quali si sceglieva un cambio di uso del suolo, andasse a determinare una tematizzazione della cartografia sulla base di simulazioni già effettuate con il modello Groundwater Leaching Effects of Agricultural Management Systems GLEAMS alla scala di campo (Knisel, 1993 e Leone et al. 2008).

Il modello GLEAMS simula la mobilitazione di nutrienti e pesticidi con il ruscellamento, l’erosione del suolo e la percolazione provocate dalle piogge ed è stato scelto nel Progetto “PST-CSA” perché adatto alle problematiche della pianificazione proprio perché si focalizza sull’uso del suolo in funzione del quale sono simulati i suddetti processi ambientali: per questo motivo, infatti, pur essendo un modello fisico, è classificato nella categoria dei modelli manageriali. Il Progetto “PST-CSA” ha comportato la realizzazione di un’applicazione web GIS che offriva la possibilità di effettuare simulazioni sulla base di scenari preconfezionati; l’evoluzione attualmente proposta consente un ulteriore passaggio dalla tecnologia GIS su Client dove non esistono scenari a una tecnologia web GIS Cloud dove gli scenari sono infiniti perché realizzabili direttamente tramite l’applicazione web. Grazie a questa evoluzione (Figure 22 e 23) il WEB GIS si configura come una tecnologia Cloud in cui le risorse informatiche sono erogate on demand, ovvero su richiesta, attraverso Internet a partire da un comune browser.

Il cloud computing sta vivendo negli ultimi anni un grande interesse sia nel mondo accademico che nell’industria consentendo la fornitura e il noleggio di infrastrutture di calcolo su Internet e si inquadra in una tendenza predominante e di frontiera in questo momento. La tecnologia cloud, in costante sviluppo (Grobauer et al. 2011), combina tecnologie quali la virtualizzazione, le reti veloci e le API web Application Programming Interface che rappresentano l’insieme di procedure e interfacce disponibili al programmatore in un certo linguaggio di programmazione per il riuso di codice software già sviluppato evitando di dover riscrivere ogni volta tutte le funzioni necessarie al programma dal principio (Huang et al. 2015).

I servizi cloud computing possono essere generalmente classificati in tre categorie basati sul livello di astrazione delle risorse di elaborazione che forniscono. Al livello più alto c’è il Cloud di Software-as-a-Service (SaaS), che fornisce applicazioni software complete; il Cloud di Platform-as-a-Service (PaaS), fornisce il linguaggio dei tempi di esecuzione e le librerie di supporto; e, infine, il Cloud di Infrastructure-as-a-Service (IaaS), che fornisce risorse generiche di infrastrutture di calcolo come le macchine virtuali e l’archiviazione di oggetti di valore. L’infrastruttura di cloud computing può essere pubblica, cioè condivisa tra più utilizzatori reciprocamente diffidenti, o può essere privata, nel caso in cui tutte le risorse siano riservate esclusivamente ad un solo utilizzatore. In tal modo si configura una nuova modalità di offerta di servizi nota con il termine di Software as a Service (SaaS), in italiano software come servizio, dove è l’applicazione web che mette a disposizione dei propri utenti via Internet funzionalità software.

L'architettura del sistema proposto è orientata ai servizi (SOA, Service Oriented Architecture) in modo da gestire sia l'archivio dei dati provenienti dai funzionari per la valutazione dell'impatto ambientale sia le informazioni derivate da archivi informatizzati pubblici già esistenti. Con questa integrazione di gestione i dati sono configurati come base conoscitiva e si valorizzano le procedure valutative e le modalità di visualizzazione e di presentazione dei risultati. Secondo Bih J. (2006), l'architettura orientata ai servizi, come architettura del software di nuova generazione, e attraverso l'utilizzo del servizio web, XML e di altre tecnologie correlate, offre una soluzione operativa valida per implementare l'attività e-business dinamica.

Bih J. (2006) definisce l'architettura orientata ai servizi (SOA) come una raccolta di servizi, tra i quali la comunicazione può implicare un semplice passaggio di dati o può coinvolgere due o più servizi che coordinano un'attività dove servizio si intende una funzione ben definita, autonoma e non dipende dal contesto o dallo stato di altri servizi.

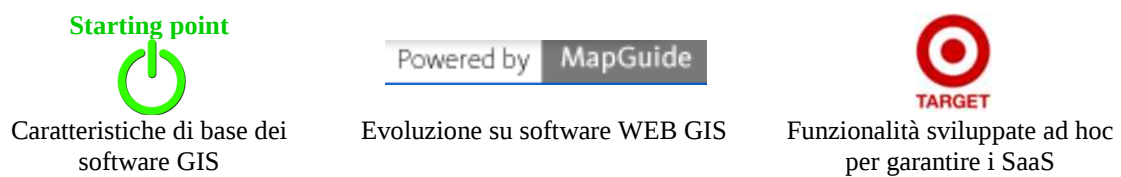


Figura 22 | Evoluzione dal GIS al WEB GIS e alla tecnologia CLOUD

Gli approcci SaaS e PaaS sono impensabili senza applicazioni Web e tecnologie Web: le potenzialità del SaaS sono tipicamente implementate come applicazioni Web che utilizzano la tecnologia del browser come parte frontale per l'interazione con l'utente (Grobauer et al. 2011). Come evidenziato da Bih J. (2006), la tecnologia dei servizi Web è la tecnologia di connessione più probabile delle architetture orientata ai servizi.

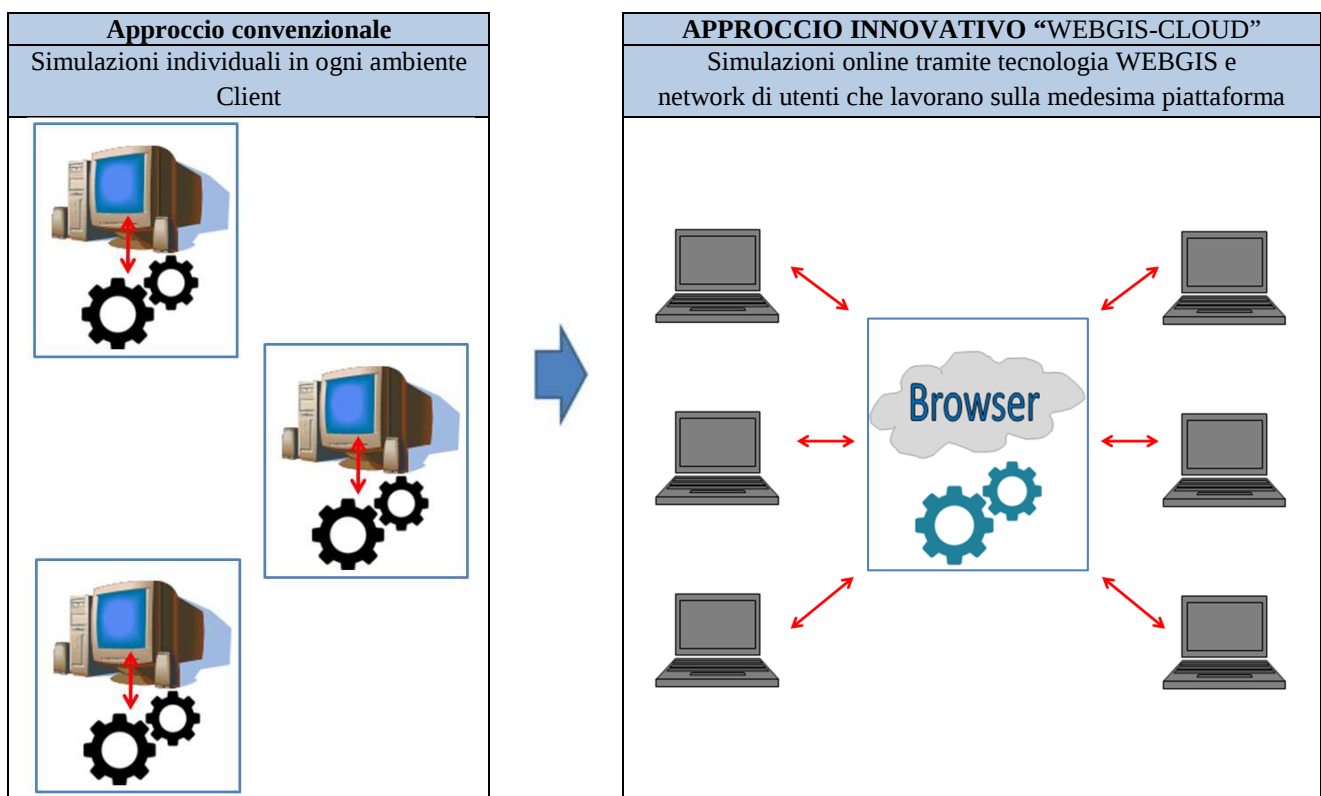


Figura 23 | Rappresentazione schematica dell'evoluzione metodologica

Il controllo degli effetti dei cambiamenti nell'uso del suolo in termini di qualità ambientale, in particolare nella gestione delle risorse idriche e del suolo, può quindi diventare operativo sulla rete attraverso l'applicazione di strumenti innovativi.

In tal modo l'applicazione si configura come un ottimale Decision Support Tool che consente di riprodurre sulla rete le operatività lato Client.

I vantaggi del SaaS per Armbrust (et al. 2010) sono ben compresi sia per gli utenti finali che per i fornitori di servizi. I fornitori di servizi hanno la procedura di installazione e di manutenzione del software notevolmente semplificata e un controllo centralizzato delle versioni; gli utenti finali, dall'altra parte, possono accedere al servizio "in qualsiasi momento e ovunque", condividere i dati e collaborare più facilmente mantenendo i propri dati memorizzati in modo sicuro nell'infrastruttura.

Tabella 15 | I vantaggi principali della centralizzazione grazie al SaaS

I vantaggi principali della centralizzazione grazie al SaaS
➤ che esiste un solo repository per ogni ufficio quindi si garantiscono efficientamento, coordinamento, trasparenza e condivisione delle informazioni ➤ che la macchina server è ora più prestazionale del Client ➤ che esiste un unicum conoscitivo territoriale sul quale sviluppare le applicazioni specifiche di ogni settore ➤ che esiste simultaneità delle informazioni per tutti coloro che consultano il SIT online ➤ che c'è la possibilità di lavorare in sedi differenti con aggiornamento automatico delle modifiche sul database ➤ che esiste un'indipendenza da licenze grazie all'utilizzo di software Open Source.

Diversi sono quindi i vantaggi derivanti dalla centralizzazione grazie al SaaS, elencati in Tabella 15, mentre uno svantaggio che emerge è che i dati sono ospitati in un unico server, eventualmente esterno, e quindi è opportuno garantire adeguate misure di sicurezza e controllo della privacy soprattutto per evitare che dati pubblici siano ospitati su un hosting privato tipo, ad esempio, quello fornito da QGIS Cloud (<https://qgiscloud.com>).

Altri minori svantaggi che potrebbero configurarsi sono la necessità di una connessione internet stabile e l'esigenza di una formazione informatica di base per i tecnici comunali o per coloro i quali adopereranno l'applicazione.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Procedura per la simulazione della trasformazione

I parametri in gioco nelle valutazioni proposte riguardano prevalentemente il CN o Curve Number sviluppato dal Soil Conservation Service del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (Soil Conservation Service, 1972) per la stima dei deflussi superficiali determinando il deflusso che direttamente e, in maniera preponderante, contribuisce alla formazione dell'evento di piena. La predisposizione dei suoli a contribuire o meno alla formazione del deflusso dipende essenzialmente da tre fattori:

- la permeabilità dei terreni superficiali;
- la copertura vegetale e l'uso del suolo;
- lo stato di imbibimento del terreno.

Il metodo, così, si basa su un solo parametro che descrive il complesso fenomeno dell'assorbimento.

Dato un CN iniziale che deriva dalla classificazione della carta dell'uso del suolo, la trasformazione del suolo comporta un cambio di CN (Figura 24).



Figura 24 | Rappresentazione schematica della trasformazione

L'applicazione consente di disegnare la trasformazione individuando le superfici che hanno caratteristiche differenti alle quali è possibile attribuire diversi valori di CN che indicano il cambio di uso del suolo. Per ogni areola trasformata si ottiene quindi un valore di superficie e un valore di CN che vanno a popolare la banca dati della trasformazione che è collegata al layer di lavoro chiamato "editing" grazie alla funzione di "Disegno". Il procedimento proposto è esemplificato nello schema che segue (Figura 25) dove il flusso parte dall'individuazione del cambio di uso del suolo.

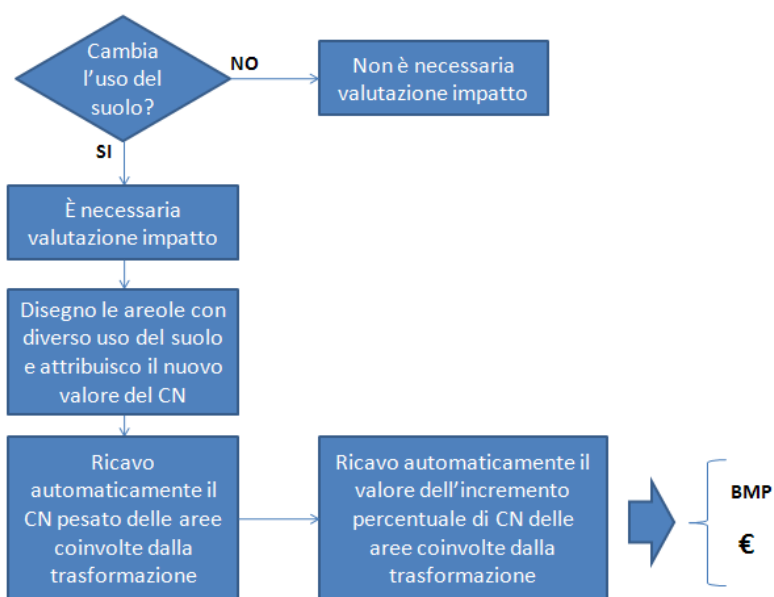


Figura 25 | Rappresentazione del procedimento di valutazione proposto

Nel caso di cambiamento dell'uso del suolo l'applicazione permette di effettuare la valutazione dell'impatto. La procedura consiste nella rappresentazione sulla cartografia dell'ingombro della trasformazione con la differenziazione dell'uso del suolo di ciascuna "areola" che possiede caratteristiche di uso del suolo differenti (parcheggio, prato, ecc) e l'attribuzione a ciascuna di queste del nuovo valore del CN con menu a tendina sulla base di un elenco di usi del suolo possibili.

Le possibili caratterizzazioni del CN sono elencate in Tabella 16 sulla base dell'analisi del metodo SCS-CN dove alla diversa tipologia di copertura del suolo si attribuisce un CN con l'ipotesi di suolo di tipo B e un codice Corine corrispondente.

Tabella 16 | Attribuzione del codice Corine alla tabella del metodo SCS-CN nell'ipotesi di suolo di tipo B

Corine	COPERTURA (USO DEL SUOLO)	CN per tipo di suolo B
1.1.2.1.1	Aree residenziali con impermeabilità media: 65%	85
1.1.2.1.2	Aree residenziali con impermeabilità media: 38%	75
1.1.2.1.3	Aree residenziali con impermeabilità media: 30%	72
1.1.2.1.4	Aree residenziali con impermeabilità media: 25%	70
1.1.2.1.5	Aree residenziali con impermeabilità media: 20%	68
1.2.1.2	Aree commerciali (impermeabilità 85%)	92
1.2.1.1	Distretti industriali (impermeabilità 72%)	88
1.2.2.1	Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98
1.2.2.1.1	Strade pavimentate con cordoli e fognature	98
1.2.2.1.2	Strade inghiaiate o selciate con buche	85
1.2.2.1.3	Strade in terra battuta (non asfaltate)	82
1.4.1	Spazi aperti, prati rasati, parchi in condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	69
2.1.2	Coltivato con interventi di conservazione	71
2.3.1	Spazi aperti, prati rasati, parchi in buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	61
2.4.3	Coltivato senza trattamento	81
2.4.4	Praterie in buone condizioni	58
3.1.3	Boscoso o forestato con sottobosco e copertura buoni	55
3.2.1	Pascolo in buone condizioni	61
3.2.4	Pascolo in cattive condizioni	79
3.2.4.1	Boscoso o forestato con suolo sottile, sottobosco povero, senza foglie	66
4.1.1	BMP - Ambiente umido	10
5.1.2	BMP - Ambiente delle acque	1

Alle funzionalità di base del Map Guide sono state implementate operatività ad hoc; in particolare, una peculiarità consiste nella possibilità di leggere e registrare nel geodatabase le dimensioni dell'elemento realizzato.

Il pannello di base "Tasks", rappresentato nell'immagine seguente (Figura 26), consente il dialogo dell'utente con le funzionalità dell'applicazione webGIS.



Figura 26 | Il pannello di base “Tasks”

Il pannello di base “Tasks”, ospita le funzionalità di base dell’applicazione webGIS ed è stato arricchito dalla parte per la valutazione dell’impatto con la funzionalità “Curve Number” (Figura 27) sviluppata *ad hoc*.

Le altre funzionalità realizzate ad hoc sono:

- 1) disegno di nuovo oggetto;
- 2) lettura dell’area del poligono una volta disegnato;
- 3) salvataggio automatico dell’area nel database;
- 4) visualizzazione dell’area nella selezione dinamica in modo da essere caricata nel motorino di calcolo del CN medio della trasformazione;
- 5) calcolo del CN medio della trasformazioni di ogni selezione effettuata a video;
- 6) esportazione del metadato del layer selezionato.

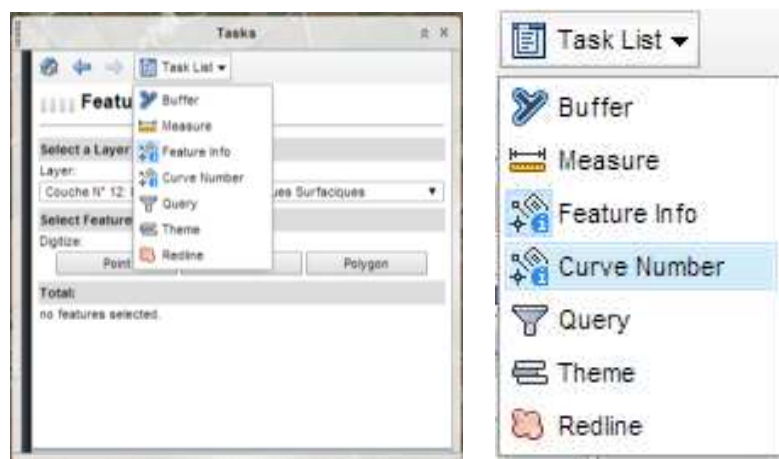


Figura 27 | Le funzionalità di base nel pannello di base “Tasks” con l’ingrandimento e l’evidenziazione della funzionalità Curve Number sviluppata *ad hoc*

I tipi di elementi geometrici che è possibile disegnare sono rettangoli o poligoni senza angoli retti (Figura 28).

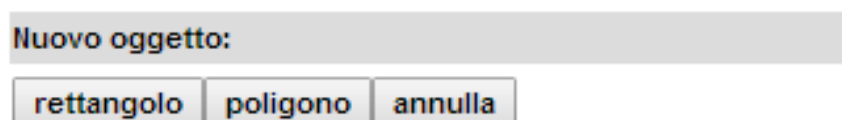


Figura 28 | Sezione dell’elemento desiderato per il disegno di nuovi oggetti

Selezionando il comando per disegnare nuovi oggetti il sistema avvisa dell'attivazione della funzionalità di disegno con una finestra di dialogo con l'utente rappresentata nella schermata di seguito (Figura 29).

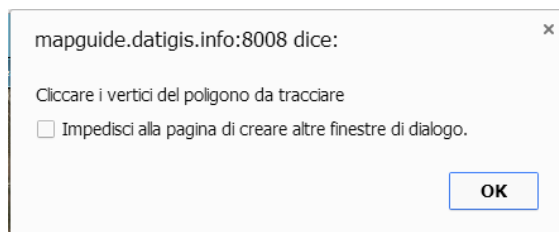


Figura 29 | Finestra di dialogo per la funzionalità di disegno

Una volta disegnato l'elemento che rappresenta l'area con caratteristiche omogenee soggetta alla trasformazione l'applicazione la contrassegna con un colore e una campitura definite: in rosso con campitura a quadretti nell'esempio rappresentato in Figura 30 dove con la linea grigia è visibile il vertice ancora attivo per la definizione dell'area con caratteristiche diverse dalla prima già disegnata.



Figura 30 | Operazione di disegno del lotto oggetto della trasformazione; in rosso l'area già disegnata, in grigio con il vertice visibile quella che sta per essere disegnata

L'utente, una volta disegnato a video l'oggetto che necessita della valutazione di impatto ambientale può, per ogni areola, attribuire il valore del CN originario e selezionare l'uso del suolo della nuova trasformazione ottenendo automaticamente il relativo nuovo CN.

In particolare, all'interno del pannello di base "Tasks" la funzionalità Curve Number (Figura 31 e Figura 32) consente di precisare alcune informazioni relative alla trasformazione tra cui i seguenti campi:

- Theme: campo libero per la specificazione ad esempio della concessione edilizia;
- CN: campo che definisce il curve number relativo all'uso del suolo dopo la trasformazione;
- Area: campo numerico che l'applicazione calcola in automatico una volta disegnato l'elemento;
- Uso: campo che definisce il tipo di uso del suolo che è collegato al CN secondo la Tabella 17
- CN orig: campo che definisce il curve number relativo all'uso del suolo prima della trasformazione.

Tasks

Tipo: Poligono
 Visibilità: 0 - 1000000000000

Nuovo oggetto:
 rettangolo poligono annulla

Oggetti selezionati:
 Totale: 1
 Oggetto 1

Elimina oggetti:
☐ Tutti gli oggetti selezionati

Dal layer Editing
☐ Oggetto corrente
☐ Tutti gli oggetti selezionati
☐ Tutti gli oggetti
☐ Filtro selezione
☐ Filtro globale

AREA =

elimina

Dettaglio oggetti selezionati:

campo	valore
THEME	Concessione N. 15 del 2015-11-05
CN	98
AREA	974.91707467288
USO	Parcheggi impermeabilizzati, tetti
CN ORIG.	65

aggiorna ricarica

Figura 31 | All'interno del pannello di base "Tasks" la funzionalità Curve Number consente di precisare alcune informazioni relative alla trasformazione da valutare

Maps External Providers View

Refresh Select Radius Select Polygon Clear Selection Buffer Measure Feature Info Query Theme Disegno Selezione di

Tasks

Informazioni layer:
 Nome: Editing
 Tipo: Poligono
 Visibilità: 0 - 1000000000000

Nuovo oggetto:
 rettangolo poligono annulla

Oggetti selezionati:
 Totale: 1
 Oggetto 1

Elimina oggetti:
☐ Tutti gli oggetti selezionati

Dettaglio oggetti selezionati:

campo	valore
THEME	-- seleziona --
CN	Aree residenziali con impermeabilità media: 65% Aree residenziali con impermeabilità media: 38% Aree residenziali con impermeabilità media: 30% Aree residenziali con impermeabilità media: 25% Aree residenziali con impermeabilità media: 20% Aree commerciali (impermeabilità 85%) Distretti industriali (impermeabilità 72%) Parcheggi impermeabilizzati, tetti Strade pavimentate con cordoli e fognature Strade inghiaiate o selciate con buche Strade in terra battuta (non asfaltate) Spazi aperti, prati rasati, parchi in condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50% Coltivato con interventi di conservazione Spazi aperti, prati rasati, parchi in buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa Coltivato senza trattamento Praterie in buone condizioni Boscoso o forestato con sottobosco e copertura buoni Pascolo in buone condizioni Pascolo in cattive condizioni
AREA	
USO	-- seleziona --
CN ORIG.	

Area totale:
 247884

CN medio pesato:
 0.00

CN originale medio pesato:
 0.00

Incremento % di CN:
 NaN

aggiorna ricarica

Figura 32 | Menu a tendina per la selezione e l'attribuzione dell'uso del suolo

A questo punto, avendo precedentemente attribuito l'uso del suolo, con la selezione dell'oggetto è possibile visualizzarne a video le informazioni relative come mostrato in Figura 33.



Figura 33 | Visualizzazione delle informazioni attribuite alla trasformazione

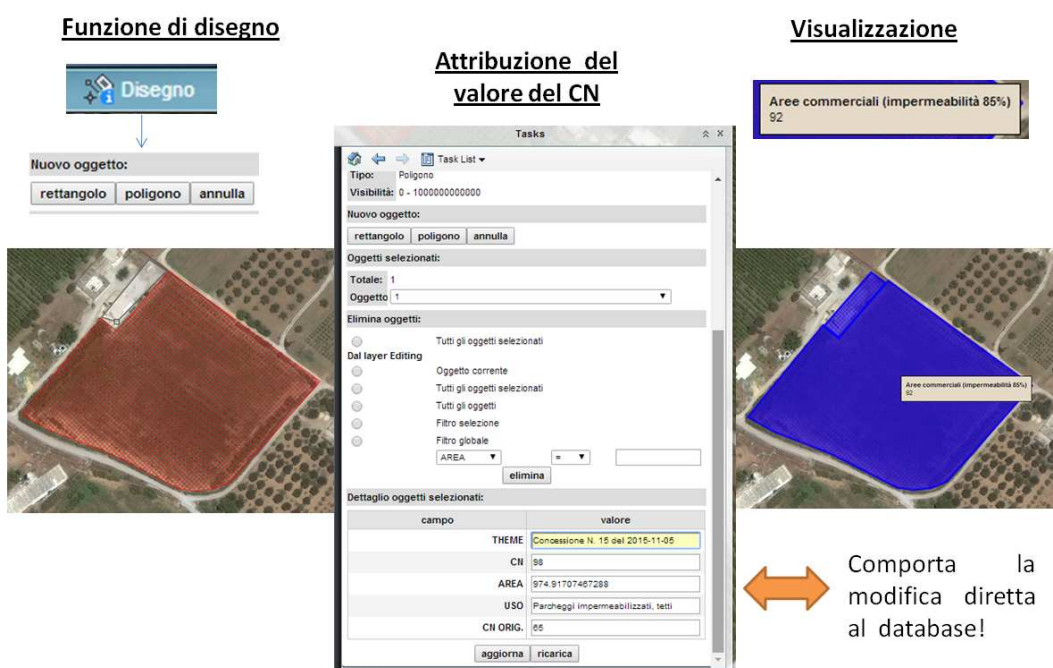


Figura 34 | Processo di disegno dell'areola oggetto della trasformazione e attribuzione del nuovo uso del suolo

L'attribuzione del nuovo uso del suolo comporta una modifica direttamente all'interno del database (Figura 34). È opportuno quindi evidenziare che a regime, l'applicazione dovrà prevedere un sistema di regolamentazione degli accessi per consentire il controllo degli operatori abilitati ad interfacciarsi con il database. Solo gli utenti abilitati potranno, infatti, accedere alle funzioni di scrittura e modifica del database e le modifiche effettuate saranno dotate di un sistema di log che consente la memorizzazione delle informazioni relative al nuovo inserimento o alla modifica di quanto esistente nel SIT.

Fissati per il CN un valore iniziale e un valore dopo la trasformazione, tramite l'applicazione si ottengono automaticamente i valori del CN medio pesato e il CN originale medio pesato (Figura 35).

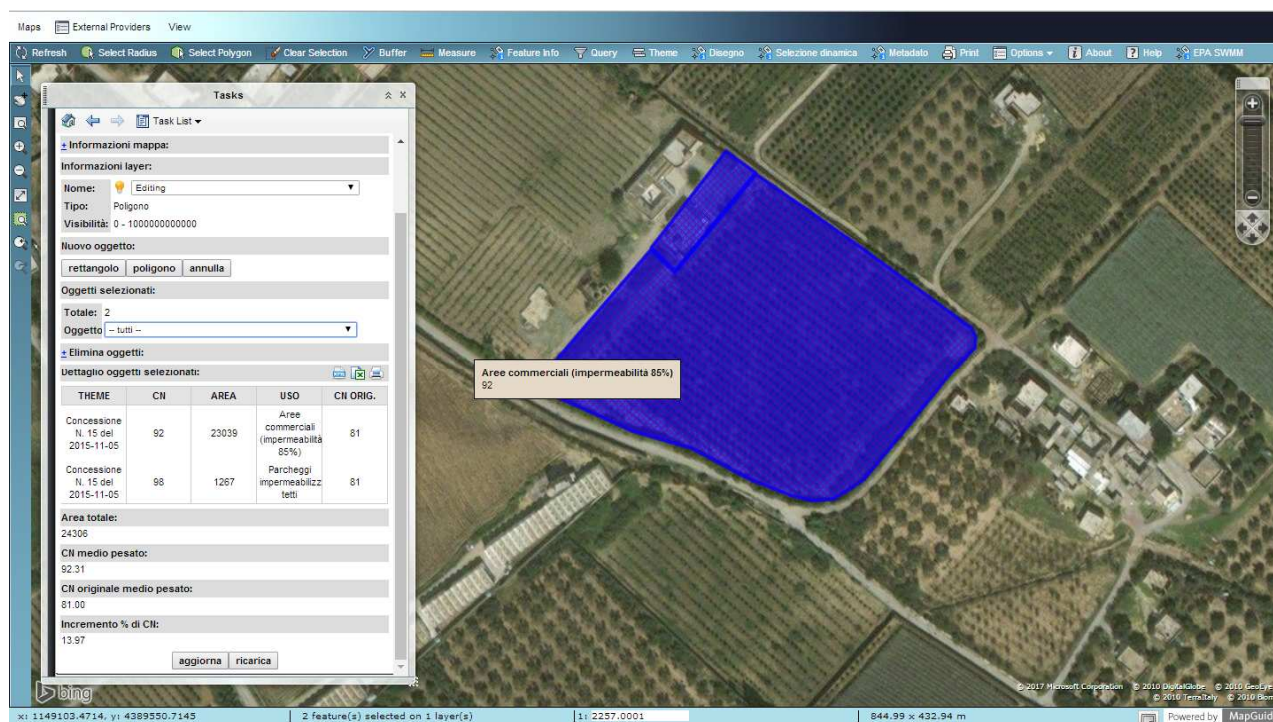


Figura 35 | Ottenimento automatico per gli elementi selezionati in blu dei valori del CN medio pesato e il CN originario medio pesato una volta attribuiti il CN iniziale e dopo la trasformazione

Nel caso di un cambio di destinazione d'uso ad esempio con il passaggio da CN originario medio pesato pari a 81 (2.4.3 Coltivato senza trattamento) si passa a CN medio pesato dopo la trasformazione pari a 92,31 (Tabella 17): la differenza ($92,31 - 81$) è pari ad 11,31. Tale variazione di CN, comporta un impatto moderato sulla qualità dell'acqua, come da Tabella 8, pari ad un livello di servizio LS necessario di 7.

Tabella 17 | Esempio di valutazione dell'impatto sulla qualità dell'acqua a seguito di un cambio di destinazione d'uso

Stato originario ex-ante	AREA (mq)	CN	COPERTURA (USO DEL SUOLO)	CN x area
	23039	81	Coltivato senza trattamento	1866159
	1267	81	Coltivato senza trattamento	102627
TOT area e CN medio	24306	81,00		1968786
Progetto di trasformazione ex-post	AREA (mq)	CN	COPERTURA (USO DEL SUOLO)	CN x area
	23039	92	Aree commerciali (impermeabilità 85%)	2119588
	1267	98	Parcheggi impermeabilizzati, tetti	124166
TOT area e CN medio	24306	92,31		2243754
Incremento CN in %		13,97%		
Differenza di CN rispetto stato originario		11,31		

Ipotizzando di inserire 700 mq di Spazi aperti, prati rasati, parchi in condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%, con CN pari a 69, e 806 mq di BMP - Ambiente umido, con CN pari a 10, l'incremento di CN, dovuto alla trasformazioni e alle conseguenti incrementate condizioni di soil sealing, è diminuito (Tabella 18). Tale valore, infatti, è minore di quello che si avrebbe avuto senza l'utilizzo di BMP: l'incremento CN espresso in percentuale passa infatti da 13,97% a 9,65% grazie all'utilizzo di BMP.

Tabella 18 | Esempio di valutazione del contributo di mitigazione rispetto all'impatto sulla qualità dell'acqua a seguito di un cambio di destinazione d'uso offerto dall'inserimento nel progetto di BMP e spazi aperti

Progetto di trasformazione mitigato con BMP	AREA (mq)	CN	COPERTURA (USO DEL SUOLO)	CN x area
	22000	92	Aree commerciali (impermeabilità 85%)	2024000
	800	98	Parcheggi impermeabilizzati, tetti	78400
	700	69	Spazi aperti, prati rasati, parchi in condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	48300
	806	10	BMP - Ambiente umido	8060
TOT area e CN medio	24306	88,82		2158760
Incremento CN in % diminuito grazie BMP		9,65%		
Differenza di CN rispetto stato originario		7,82		

Nella immagine in Figura 36 è mostrata la schermata in JavaScript che è un linguaggio utilizzato in informatica nella programmazione che serve in particolar modo per l'automatizzazione di comandi e per la gestione della programmazione web all'interno delle pagine web.

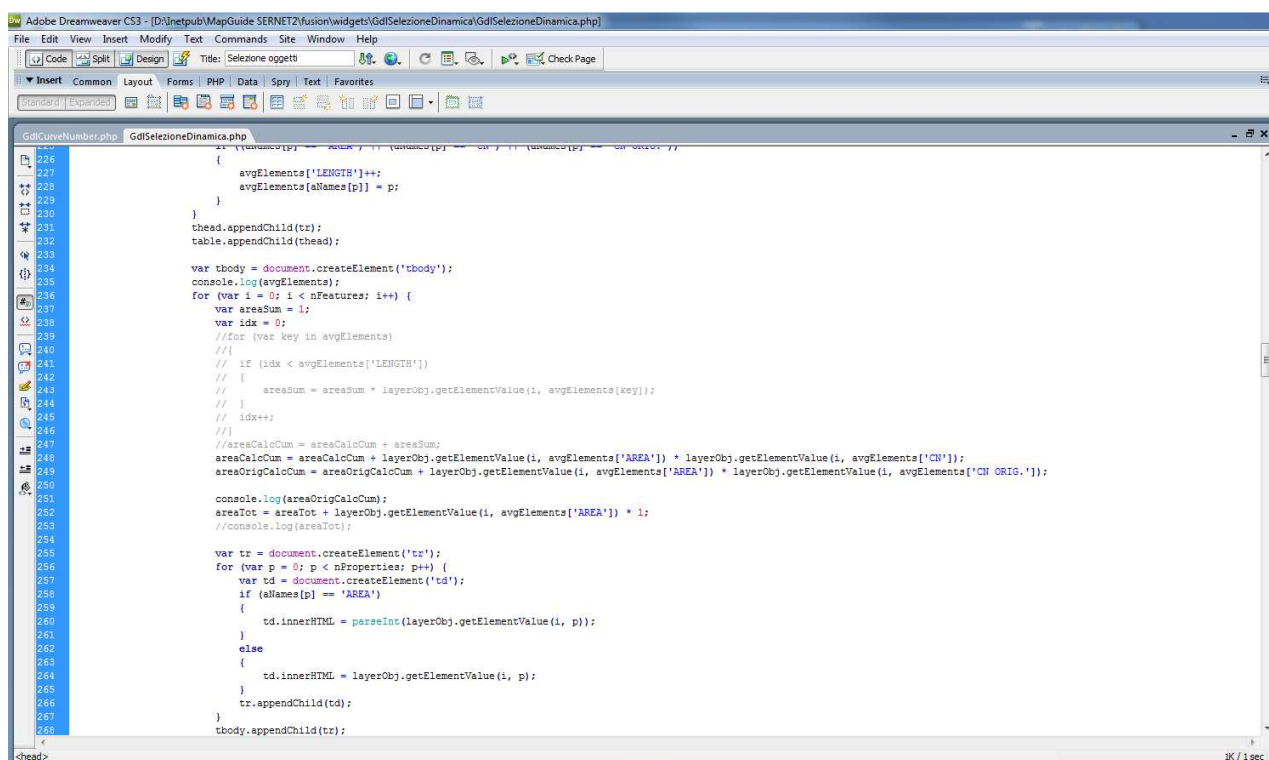


Figura 36 | Rappresentazione delle schermata in linguaggio JavaScript tramite il quale viene effettuato il calcolo del CN medio pesato rispetto ai valori delle aree coinvolte dalla trasformazione

L'applicazione tiene conto dell'area totale e rende possibile recuperare il valore dell'incremento percentuale di CN che descrive l'impatto che la trasformazione territoriale induce (Figura 37).

Output

Funzione per la creazione di nuovi oggetti

Informazioni specifiche per ogni selezione

Informazioni ottenute automaticamente

The screenshot shows a software window titled 'Tasks' with a 'Task List' dropdown. The main content area is titled 'Curve Number' and contains instructions: 'Selezionare una o più features dai layers - Disegno -, quindi modificare le proprietà di ciascuna feature.' Below this are sections for 'Informazioni mappa:', 'Informazioni layer:', and 'Nuovo oggetto:'. The 'Informazioni layer:' section shows 'Nome: Editing', 'Tipo: Poligono', and 'Visibilità: 0 - 1000000000000'. The 'Nuovo oggetto:' section has buttons for 'rettangolo', 'poligono', and 'annulla'. The 'Oggetti selezionati:' section shows 'Totale: 2' and a dropdown for 'Oggetto: -- tutti --'. Below this is a table titled 'Dettaglio oggetti selezionati:' with columns: THEME, CN, AREA, USO, and CN ORIG. The table contains two rows of data. Below the table are summary statistics: 'Area totale: 24604', 'CN medio pesato: 92.24', 'CN originale medio pesato: 65.00', and 'Incremento % di CN: 41.91' (highlighted with a red box). To the right of the interface, there are icons for exporting to XML and XLS, and a large blue arrow pointing to a bracketed area containing 'BMP' and '€'.

THEME	CN	AREA	USO	CN ORIG.
Concessione N. 15 del 2015-11-05	92	23609	Aree commerciali (impermeabilità 85%)	65
Concessione N. 15 del 2015-11-05	98	995	Parcheggi impermeabilizza tetti	65

Figura 37 | Rappresentazione delle caratteristiche della funzionalità “Curve Number”

A livello comunitario tra le soluzioni che esistono per compensare la perdita di suolo e delle sue funzioni si trova la proposta di istituire eco-account e scambio di certificati di sviluppo. Si ipotizza, inoltre, la raccolta di una tassa sull'impermeabilizzazione del suolo da usare per la protezione del terreno o altri scopi ambientali (Commissione Europea, 2012).

La soluzione eco-account si basa sul calcolo dei “costi ecologici” dei progetti edilizi che prevedono l'impermeabilizzazione tramite l'assegnazione, da parte di agenzie autorizzate, di un punteggio, i cosiddetti eco-punti per i quali i costruttori devono garantire misure di compensazione di pari valore altrove. L'idea alla base della soluzione degli eco-punti è quella di internalizzare i costi ambientali dell'impermeabilizzazione del suolo per incoraggiare l'attuazione di tutti gli strumenti possibili per ridurre di conseguenza l'impermeabilizzazione del suolo a causa dell'aumento dei costi per l'occupazione dei terreni.

La tendenza evidenziata dall'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE), che ha come missione quella di promuovere politiche che migliorino il benessere economico e sociale delle persone in tutto il mondo, è quella dello spostamento dell'onere fiscale a favore della tassazione ambientale (<http://www.oecd.org/>).

Questi nuovi strumenti stimolano un'azione di ampio respiro per ridurre i danni ambientali e potrebbero fornire incentivi per ulteriori vantaggi in termini di efficienza e investimenti verdi oltre a promuovere innovazione e spostamenti nei modelli di consumo.

Le tasse sull'impermeabilizzazione consentirebbero quindi di preservare i migliori terreni agricoli e potrebbero essere associate a categorie di fertilità del suolo (Prokop et al., 2011). Questo tipo di tassa ecologica potrebbe essere applicato a livello locale scopo di favorire la difesa dell'ambiente. La soluzione che implica la tassa sull'impermeabilizzazione, infatti, potrebbe contribuire a compensare l'impermeabilizzazione e parzialmente a limitarla. L'occupazione di terreno e l'impermeabilizzazione del suolo potrebbero, infatti, essere soggette al versamento di una tassa all'ente ambientale competente sulla base della qualità del suolo consumato e/o della percentuale impermeabilizzata nel progetto di trasformazione territoriale (Figura 38).

Il denaro ricavato dalla tassa sull'impermeabilizzazione, potrebbe, secondo la Commissione Europea (2012), sostenere progetti pubblici di protezione dell'ambiente.

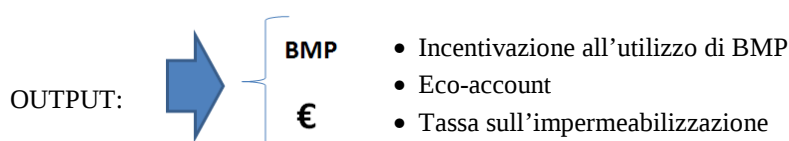


Figura 38 | L'output dell'applicazione

La conseguenza auspicabile di questo approccio sarebbe quella, da una parte di vietare ulteriori consumi di territorio, e dall'altra di permettere nuove costruzioni solo nella zone già urbanizzate, densificando e "rottamando" l'edilizia di scarsa qualità. Dal punto di vista urbanistico potrebbe quindi essere promossa una modifica agli standard urbanistici in modo da tenere conto anche di corrette considerazioni sui particolari rischi di origine idraulica che potrebbero compromettere la capacità dei suoli di funzionare correttamente e di erogare servizi eco sistemici.

I Comuni potrebbero, così, realizzare misure ecologiche spostando i costi delle misure sui costruttori-proprietari: in aggiunta al regolare prezzo della proprietà i costruttori-proprietari pagano per la realizzazione di opere di compensazione ecologica proporzionata all'entità dell'impatto che stanno producendo sull'ambiente. Si estende, in un certo senso un principio noto a livello Europeo del risarcimento da parte del singolo per un impatto provocato verso la collettività.

Skärbäck, E. (2007) afferma che l'uso di differenti misure per compensare l'ambiente durante lo sviluppo di progetti territoriali è stato discusso frequentemente sia in Europa che in USA. Alcuni paesi come la Germania hanno anche adottato alcune misure normative per regolare l'eco-account pari a circa il 5-10 percento del prezzo di base della proprietà che rimane un costo ancora sostenibile per costruttori-proprietari ma una cifra considerevole per garantire la possibilità di compensare gli effetti dell'impatto antropico e per il mantenimento del bilancio ecologico.

4. CONCLUSIONI

Gli strumenti alla base del lavoro di ricerca sono stati le politiche di gestione delle risorse idriche e le tecnologie ICT di Decision Support System quali la tecnologia GIS e la sua evoluzione nel webGIS verso il cloud computing.

La ricerca ha studiato come proporre una metodologia di limitazione degli impatti antropici e in particolar modo degli impatti del consumo di suolo sui corsi d'acqua e in generale sugli ecosystem services.

Con questo approccio, seguendo le indicazioni programmatiche della Comunità Europea, si promuove il rispetto del concetto di invarianza idraulica soprattutto nelle aree agricole e rurali dei territori marginali alle aree urbanizzate. Il risultato è quello di far evolvere la tecnologia GIS con uno strumento accessibile agli utenti poco esperti verso l'interoperabilità online in modo da determinare il controllo degli impatti degli interventi utilizzando la metodologia SCS-CN sviluppata dall'USDA nel 1972 che pone al centro dell'analisi degli effetti del ruscellamento l'uso del suolo del territorio analizzato.

L'implementazione della tecnologia GIS consente la valutazione dei nuovi progetti nella simulazione ex-ante e ex-post e la promozione dell'utilizzo di Best Management Practice (BMP) in grado di migliorare la risposta dei territori alla sollecitazione idrologica e di attenuare i danni causati dalla trasformazione del territorio agricolo (prevalentemente permeabile) in territorio urbanizzato (solitamente impermeabile). È opportuno evidenziare, difatti, che il consumo di suolo comporta la permanente perdita di terreno agricolo. In tal senso si configurano gli sforzi verso la ricerca di possibili risposte a tale minaccia che riguardano la limitazione o l'azzeramento del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo, il mantenimento di alcune funzioni del suolo anche in caso di nuove costruzioni, oppure l'implementazione di misure di de-impermeabilizzazione e di rinaturalizzazione di aree artificiali. Le misure di de-impermeabilizzazione e di rinaturalizzazione di aree artificiali, però, raramente sono applicate poiché comportano costi elevati e non garantiscono il completo ripristino delle condizioni di naturalità originali (Pileri, 2007; Paolanti, 2010). Per questo motivo risulta più opportuno orientare lo sviluppo urbano verso il riutilizzo di aree già costruite, compresi i siti industriali dismessi, privilegiando, al contempo, tecniche costruttive adeguate in grado di consumare meno suolo possibile o di salvaguardarne la permeabilità.

I risultati della ricerca mostrano come partendo da una piattaforma condivisa online è possibile guidare il funzionario comunale verso il controllo della progettazione territoriale in un'ottica di uso sostenibile globale: se il singolo intervento ha caratteristiche di sostenibilità allora la somma dei singoli interventi rimane di conseguenza sostenibile.

Lo studio non solo sottolinea la possibilità di applicare le Best Management Practice nella gestione del territorio ma suggerisce anche come sia necessario il supporto dei processi autorizzativi permettendo di ottenere una visione complessiva e corrente dal punto di vista spaziale e temporale delle trasformazioni del territorio. Un'approfondita conoscenza del territorio significa un approfondito livello di conoscenza delle relazioni e degli impatti presenti in grado di promuovere ulteriori approfondimenti e modelli interpretativi.

Emerge la problematica della competenza tematica, della correttezza e della capacità GIS del professionista che opera nella preparazione del dato territoriale. La quantità di informazioni oggi disponibili sul territorio sono talmente tante che per il decisore il lavoro di *screening* e valutazione semplificata è indispensabile: in questo modo sfruttando la potenzialità degli strumenti informatici si dimostra possibile affinarne l'uso per la gestione di fenomeni complessi. È fondamentale dare rilievo alla necessità della certezza dei dati di base e del loro limite in base al loro intrinseco errore (in base alla scala di interpretazione e di rappresentazione), senza ignorarne i confini di validità e in modo da poterli migliorare.

L'applicazione propone chiaramente una semplificazione di complessi fenomeni naturali che però consente di mettere l'attenzione su procedure innovative di valutazione e cooperazione tra i tecnici che operano nella progettazione e i funzionari che si occupano del controllo degli impatti sul territorio prima che questi possano causare danni irreversibili. La semplificazione consente di rendere le valutazioni fruibili sul web nell'applicazione WEB GIS anche se con l'imposizione di limiti funzionali che rispondono però alle esigenze ed alla scala di approssimazione del progetto in esame.

Si promuove una coscienza della tecnologia GIS da parte del funzionario pubblico per dare un contributo specifico sia tematico che organizzativo e di controllo alla Pubblica Amministrazione. Alla Pubblica Amministrazione, in particolare, è richiesto il miglioramento dell'efficienza del proprio patrimonio e una sempre maggiore sensibilità nelle questioni ambientali. La conoscenza dello stato al contorno, delle condizioni particolari dei campi di applicazione delle formulazioni classiche e della contemporanea necessità di tenere sotto controllo i casi particolari e la qualità della progettazione diviene il valore aggiunto del comportamento del funzionario pubblico.

A quasi trenta anni dall'avvento dei primi sistemi GIS si passa alla tecnologia su base GIS non più come produzione di carte tematiche colorate ma come servizio di geodatabase di dati strutturati per essere interrogati dai modelli di valutazione per dare dei risultati/risposte/simulazioni on-line. La tecnologia GIS di tipo open source si offre sia come ambiente architeturale dal punto di vista informatico che dal punto di vista del geodatabase che può essere aperto a nuovi apporti. Le funzionalità richieste al sistema sono quindi non solo quelle classiche del GIS o meglio del WEB GIS ma anche le funzionalità riguardanti la possibilità di effettuare simulazioni e valutazioni su dati archiviati. Tali informazioni, se integrate all'interno di piattaforme WEB GIS o comunque di geodatabase già in uso presso gli enti pubblici, potrebbero per di più completare il sistema di conoscenza del territorio amministrato.

La novità del processo è quella di definire la modifica del database tramite l'applicazione: questo risultato può essere riformulato online dall'utente modificando interattivamente i valori tramite le funzioni sviluppate ad hoc grazie alla contemporanea utilizzazione on-line di un map server e di un database server che offrono un servizio sinergico per la visualizzazione dei dati modificati.

Il GIS costituisce un necessario strumento di supporto ai processi di pianificazione, conoscenza e gestione del territorio: la progettazione spazia dalla selezione e raccolta di informazioni alla generazione di banche dati, dall'elaborazione e sintesi dei dati, alla pianificazione e al controllo degli interventi. Saper usare i Sistemi informativi Geografici permette quindi al professionista e all'amministrazione pubblica di analizzare lo stato dell'ambiente e del territorio tenendo traccia dei cambiamenti, di valutare ipotesi di sviluppo ed assetto futuro del territorio, di sistematizzare la raccolta dei dati ed il loro utilizzo, nonché di facilitare la fruizione delle informazioni ambientali da parte dei cittadini.

Il web GIS diviene così uno dispositivo interpretativo della realtà progettuale a servizio del pianificatore e del controllore pubblico da un ambiente di desktop Client verso l'interoperabilità online sul Cloud a disposizione della comunità. L'interoperabilità online implica in questo modo la possibilità di effettuare delle modifiche online su un "Terreno digitale comune" per simulare le cose prima che accadano.

Un risultato raggiunto è la promozione, in un'ottica di integrazione di servizi e risorse, della disponibilità delle pubbliche amministrazioni a confrontare le proprie scelte e gli scenari che da esse derivano sulla base dell'elaborazione dell'informazione di base in indici significativi che servano come metro di efficacia e di sostenibilità ambientale delle decisioni (Pistocchi, 2001, Secondini, 1998).

Oggi permangono le difficoltà dei sistemi informativi geografici tradizionali nel trattare gli aspetti dinamici del territorio e dei fenomeni ambientali, per i quali sarebbe necessaria una stretta relazione fra il database e i modelli di

previsione e simulazione dei sistemi fisici interessanti: ogni forma di cartografia, in quanto rappresentazione bidimensionale di un attributo, consente di coglierne la distribuzione spaziale, ma non il suo evolvere nel tempo: è una "istantanea" della situazione (Pistocchi, 2001, Burrough, 1996; Secondini, 1998). Oltre alla difficoltà legata all'evolvere del tempo restano da enucleare come problematiche nell'applicazione della metodologia:

- le modalità e limitazioni per la diffusione dei GIS nelle pubbliche amministrazioni;
- l'uso dei GIS nel dibattito pubblico e nella pianificazione partecipativa;
- l'accesso ai dati geografici;
- le questioni cognitive e di percezione dei fatti geografici.

Lo strumento-GIS, adottato come Decision Support System, si propone come *"un potente integratore di capacità di descrizione, di interpretazione e di modellazione [...] dei fenomeni territoriali. Ma il concetto di integrazione non deve essere limitato alla connessione di archivi di dati eterogenei [...] e di capacità di elaborazione. Esso ha, a nostro avviso, una valenza più profonda. La base di conoscenze che in esso si attiva mette in relazione il disegno politico più generale e lo strumento di piano, gli strumenti di pianificazione complessivi a diverse scale [...]; gli strumenti orientati alla pianificazione territoriale e a quella ambientale [...]; la pianificazione complessiva e la pianificazione di settore [...], la formazione del piano e il controllo di attuazione del piano"* (Pistocchi, 2001, Secondini, 1998).

Secondini (1992) suggerisce di classificare le fasi dell'adozione dei GIS nelle pubbliche amministrazioni come:

- (1) una fase "di assistenza", in cui essi sono visti come uno strumento di supporto per l'organizzazione e la rappresentazione dei dati e delle informazioni;
- (2) una fase "di consulenza", in cui il sistema fornisce anche informazioni "a valore aggiunto" rispetto a quelle di partenza;
- (3) una fase "di comunicazione", in cui il GIS viene utilizzato per la circolazione dell'informazione e il controllo interattivo dei fenomeni da essa rappresentati.

Secondini (1992) afferma, inoltre, che si possa affermare che la maggior parte degli enti italiani si trovino nella prima fase di utilizzo dei GIS. Il GIS è ancora da guardare come uno *"strumento di valutazione della scarsità della risorsa territorio"* (Pistocchi, 2001, Secondini, 1998). Per arrivare alla terza fase, pertanto, è necessaria una piena consapevolezza delle potenzialità dei GIS nella modellazione dei fatti geografici. Alla rappresentazione ingenua delle risorse naturali, attraverso un semplice inventario, occorre sostituire una rappresentazione *modellistica* del territorio, capace di caratterizzarne processi e strutture (Pistocchi, 2001).

Dall'Europa è caldeggiata la sperimentazione per la realizzazione di metodologie e strumenti per applicare la ricerca alle politiche (policy ovvero direttive/linee guida) e servono anche nuovi meccanismi per coinvolgere e guidare gli stakeholders come evidenziato anche dall'iniziativa della Comunità Europea, WaterJPI (www.waterjpi.eu), la Joint Programming Initiative sulle tematiche legate alla risorsa acqua, e descritte nella SRIA Strategic Research and Innovation Agenda (WaterJPI, 2016). Proprio la SRIA Strategic Research and Innovation Agenda sottolinea, infatti, come il collo di bottiglia nel settore dell'acqua, come pure in molti altri settori specifici, sia la distanza tra la ricerca e la gestione del territorio.

La metodologia proposta offre così importanti risvolti ambientali, economici, sociali e di governance da applicare alla realtà promuovendo il riuso e la compensazione del suolo e configurandosi come strumento di supporto delle decisioni di tipo operativo a livello comunale.

Bibliografia

- Alberti M. (1996). MEASURING URBAN SUSTAINABILITY, ENVIRON IMPACT ASSESS REV 1996;16:381-424, Elsevier Science Inc.
- Armbrust M., Fox A., Griffith R., Joseph A., Katz R., Konwinski A., Lee G., Patterson D., Rabkin A., Stoica I., Zaharia M. (2010), A view of cloud computing, Communications of the ACM 53, 4, 50–58.
- Antoniou G., van Harmelen F., (2004), A semantic Web Primer, MIT Press: Cambridge, USA
- Antrop, M., (2004). Rural-urban conflicts and opportunities. In: Jongman, R. H. G. (Ed.), The New Dimensions of the European Landscape
- APAT (2008), Il suolo, la radice della vita, APAT, Roma
- APWA/MARC, (2012) Manual of Best Management Practices For Stormwater Quality, APWA American Public Works Association and MARC MID-America Regional Council, October 2012,
- Artina S., Calenda G., Calomino F., Cao C., La Loggia G., Modica C., Paoletti A., Papiri S., Rasulo G., Veltri P., (1997) “Sistemi di Fognatura. Manuale di Progettazione”, Centro Studi Deflussi Urbani, Hoepli, Milano,
- Benassi M., (2003). Contribution à l'étude de la gestion de la demande en eau d'irrigation et planification de l'offre : cas de la plaine de Mornag. Mémoire de diplôme d'études approfondies, INAT, Tunisie, 223 p
- Bih J., (2006), Service oriented architecture (SOA) a new paradigm to implement dynamic e-business solutions, in Ubiquity No. 4, Volume 2006 Issue August, ACM New York, NY, USA EISSN: 1530-2180
doi:10.1145/1159402.1159403
- Brueckner J.K. (2001) Urban Sprawl: Lessons from Urban Economics" in William G. Gale and Janet Rothenberg Pack, eds, Brookings-Wharton, Papers on Urban Affairs, Brookings Institution Press, pp 65-89
- Calenda G. et al. 1994, Valutazione delle piene nei bacini delle sezioni idrografiche di Roma e Pescara, CNR, Roma
- Calenda, G., Cosentino C., (1996), Analisi regionale delle piogge brevi dell'Italia Centrale, L'Acqua, n.1, 20-31
- Cappuccitti A. (2014), Pianificazione territoriale e urbanistica, in C. Mattogno: 21 parole per l'urbanistica, Aracne Editrice, Roma 2014, pagg. 193-212, DOI: 10.4399/978885488041215; ISBN: 978-88-548-8041-2. Versione riveduta, corretta e aggiornata con integrazioni dell'omonimo capitolo già pubblicato nel 2008 all'interno del volume di AA.VV. “21 parole per l'Urbanistica” a cura di Claudia Mattogno, Carocci Editore
- Choguill C.L., (1996), "Toward Sustainability of Human Settlements", *Habitat International*, Vol. 20, No. 3, pp. v-viii, Elsevier Science Ltd 00197-3975/96
- Claytor R. A., Schueler T. R., (1996), Design of Stormwater Filtering Systems. Center for Watershed Protection. December
- Commissione Europea (2008), The economics of ecosystems & biodiversity, An interim report, ISBN-13 978-92-79-08960-2
- Commissione Europea (2012), Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo. Bruxelles, 15.5.2012, SWD (2012) 101, ISBN 978-92-79-26216-6, doi: 10.2779/81286
- Commissione Europea (2013), Superfici impermeabili, costi nascosti. Alla ricerca di alternative all'occupazione e all'impermeabilizzazione dei suoli. Lussemburgo
- Center for Watershed Protection (CWP), (2000)a, National Pollutant Removal Performance Database for Stormwater Treatment Practices, 2nd Edition, June

- Dézert B., Metton A., Steinberg J. (1991), *La périurbanisation en France*, Paris, Sedes.
- Di Giacomo T.V., (2015), Interactivity of WEBGIS for the simulation of land development TeMA, *Journal of Land Use, Mobility and Environment - Volume 8* University of Naples Federico II, print ISSN 1970-9889 e ISSN 1970-9870
- Di Giacomo T.V., (2016), “Tools and Methods to Reclaim the Value of Water Resources in Peripheral Areas”, UNISCAPE En-Route I QUADERNI DI CAREGGI, UNISCAPE’S ONLINE PUBLICATION - a. I - n. 3 - 2016, pp. 289-293, UNISCAPE EN-ROUTE International Seminar Recovering River Landscapes 28-30/09/2015, University of Naples Federico II, print ISSN 2281-3195
- Douglas, I. (1983). *The Urban Environment*. London: Edward Arnold
- EEA, (2006), Urban sprawl in Europe – the ignored challenge (Report no. 10), European Environmental Agency, Copenhagen
- ESRI, (1998), Shapefile Technical Description - ESRI White Paper, July 1998
- Galster G., Hanson R., Ratcliffe M.R., Wolman H., Coleman S., Freihage J., (2001), Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate* 12 (4), 681–717.
- Gardi, C., Panagos, P., Van Liedekerke, M., Bosco, C., de Brogniez, D. (2015), Land take and food security: assessment of land take on the agricultural production in Europe. *Journal of Environmental Planning and Management*, 58 (5) , pp. 898-912
- Giorgi L., Pistocchi A., (2002), L’invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche – il sistema di monitoraggio dei Bacini Romagnoli, *Paesaggio Urbano*, n. 3/2002
- Gober P., Wentz E.A., Lant T., Tschudi M.K., Kirkwood C.W., (2011), WaterSim: a simulation model for urban water planning in Phoenix, Arizona, USA, *Environment and Planning B: Planning and Design* 2011, volume 38, pages 197 – 215, doi:10.1068/b36075
- Goodchild M. F. (1992), A Geographical information science, *Int. J. Geogr. Info. Syst.* 6, 31–45, doi: 10.1080/02693799208901893
- Greppi M., (1999), *Idrologia. Il ciclo dell’acqua e i suoi effetti*, Ed. Hoepli, Milano
- Grobauer B., Walloschek T., and Stöcker E., (2011), *Understanding Cloud Computing Vulnerabilities*, copublished by the IEEE Computer and Reliability Societies, IEEE March/April 2011
- Guarino N., and Giaretta P., (1995), “Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Term-terminological Clarification”. Mars. In *Towards Very Large Knowledge Bases*, IOS Press
- Haase D., Nuissl H., (2007), Does urban sprawl drive changes in the water balance and policy? The case of Leipzig (Germany) 1870–2003, *Landscape and Urban Planning*, 80, 1–13
- Haines-Young R. and Potschin M. (2013): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012*. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003
- Hendriks P. (1999), Why share knowledge? The influence of ICT on the motivation for knowledge sharing, *Knowledge and Process Management*, Volume 6, Number 2, pp 91-100
- Huang W., Ganjali A., Kim B.H., Oh S., and Lie D., (2015), The state of public infrastructure-as-a-service cloud security. *ACM Comput. Surv.* 47, 4, Article 68 (June 2015), 31 pages. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2767181>

Kahn, M. E. (2006). *Green Cities: Urban growth and the environment*. Washington, DC: Brookings Institution Press. PII S0195-9255(96)00083-2

Knisel, W.G. (Ed). 1993. *GLEAMS: Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems*. Univ. of Georgia, Coastal Plain Expt. Sta, Bio. and Agri. Engr. Dept., Publ. No. 5, 260 p

ISPRA (2013), "Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure e interventi in campo agricolo e forestale", Manuali e Linee Guida 85/2013, ISBN 978-88-448-0586-9

ISPRA (2015), *Annuario dei dati ambientali*, edizione 2014, ISPRA, Roma, <http://annuario.isprambiente.it>.

ISPRA (2016), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, Rapporti 248/2016, ISBN 978-88-448-0776-4

Jia H., Yao H., Tang Y., Yu S.L., Zhen J.X., Lu Y., (2013), Development of a multi-criteria index ranking system for urban runoff best management practices (BMPs) selection, *Environ Monit Assess.* 2013 Sep;185(9):7915-33. doi: 10.1007/s10661-013-3144-0. Epub 2013 Feb 28.

JSCWSC, (2009), *Evaluating Options for Water Sensitive Urban Design (WSUD) A National Guide*, Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities - Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, June 2009

Leone A., Ripa M.N., Boccia L., Lo Porto A., (2008), Phosphorus export from agricultural land: a simple approach, *Biosystems engineering* 101, p. 270 – 280, Elsevier Ltd., issn: 15375110, doi:10.1016/j.biosystemseng.2008.07.005

Li W., Li L., Goodchild M. F., Anselin L., (2013), A Geospatial Cyberinfrastructure for Urban Economic Analysis and Spatial Decision-Making, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2013, 2, 413-431; doi:10.3390/ijgi2020413, ISSN 2220-9964

Longley, Paul A., Michael F. Goodchild, David J. Maguire, and David W. Rhind, (1999), *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*. Second Edition. Chichester, UK: Wiley. 26

Longley, Paul A., Michael F. Goodchild, David J. Maguire, and David W. Rhind, (2010), *Geographic Information Systems and Science*. Third Edition. Hoboken, NJ: Wiley

Malcevski S., (1991), "Qualità ed impatto ambientale, Teoria e strumenti della valutazione di impatto" in *Architettura, Urbanistica e Ambiente*, Collana diretta da Claudio Baracca e Massimo Giuliani, Etas s.r.l.

MEA (2005), *Ecosystems and human well-being : current state and trends : findings of the Condition and Trends Working Group*, Ed. Rashid Hassan, Robert Scholes, Neville Ash. ISBN 1-55963-227-5 (cloth : alk. paper)—ISBN 1-55963-228-3 (pbk. : alk. paper)

Mirabelli F., (2002), "Il governo del territorio – Aspetti culturali, evoluzione normativa", *FORMEZ - PROGETTO RIPAM*, febbraio 2002

Moisello U., (1999), *Idrologia tecnica*, Ed. La Goliardica Pavese, Pavia

Pahl-Wostl C, (2002), "Towards sustainability in the water sector: the importance of human actors and processes of social learning" *Aquatic Science* 64 394 - 411

Palazzo A.L., (2008), a cura di, *Campagne urbane. Paesaggi in trasformazione nell'area romana*, Gangemi, Roma.

Palazzo D. (2006), 5+1 strategie per i margini urbani, in Treu M.C., Palazzo D. (a cura di), *Margini. Descrizioni, strategie, progetto*, Alinea Editrice, Firenze

- Paolanti M.(2010), Linee guida per il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati alle infrastrutture. Manuali e linee guida 65.2/2010. ISPRA - AIP - CATAP.
- Peuquet, D. J., (1988), Representations of geographic space: toward a conceptual synthesis. *Annals of the Association of American Geographers*, 78(3), 375–394.
- Peuquet, D.J. (1990), A conceptual framework and comparison of spatial data models. *Introductory Readings in Geographic Information Systems*. D. J. Peuquet and D.F. Marble. London and Bristol, PA, Taylor & Francis.
- Pileri P. (2007), *Compensazione ecologica preventiva. Principi, strumenti e casi*. Carocci Editore, Roma.
- Pistocchi, A. (2001), *Il ruolo della modellistica delle georisorse nei processi di pianificazione territoriale*, [Dissertation thesis], Alma Mater Studiorum Università di Bologna. Dottorato di ricerca in Georisorse e geotecnologie, 13 Ciclo. DOI 10.6092/unibo/amsdottorato/12, ISSN: 2038-7946
- Pistocchi Alberto, Ciancabilla Fulvio, (1999), *Semplificazione e attuazione della modellistica ambientale nella pianificazione*
- Prokop G., Jobstmann H., Schönbauer A., (2011), Overview on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects in EU-27 (Environment Agency Austria), Technical Report - 2011-50, ISBN: 978-92-79-20669-6.
- Raso J., (2013) Updated report on wastewater reuse in the European Union, European Union, 7452-IE-ST03_WReuse_Report-Ed1
- Regione Lazio Assessorato Urbanistica e Casa, Dipartimento Territorio, Direzione Regionale Territorio e Urbanistica, Area Pianificazione Paesistica e Territoriale (2003), *Carta dell'uso del suolo Scala 1:25 000 Note Illustrative*, S.EL.CA.srl - Firenze
- Regione Lazio - Autorità dei Bacini Regionali e Università degli Studi Roma TRE Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile, (2003), *Studi per l'aggiornamento del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, Relazione Tecnica (Rapporto Finale)*
- Romano R. (2013), *Le aree urbane di margine come materiali di qualificazione e riqualificazione urbana*, Tesi di dottorato in Tecnica Urbanistica, Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale, Sapienza, Università di Roma
- Romano R., Di Giacomo T.V., Mattogno C., (2015), Paper "Agricoltura periurbana e cura del territorio" in XXII Conferenza Internazionale VIVERE E CAMMINARE IN CITTÀ. NUOVI PARADIGMI Brescia, 5 giugno 2015
- SCS (Soil Conservation Service), (1972), *SCS National Engineering Handbook*, Sec. 4, Hydrology, USDA, USA
- Secondini, P., (1992), *Sistemi informativi geografici e pianificazione territoriale: note introduttive*, CLUEB, Bologna
- Secondini, P., (1998), *Sistemi informativi geografici e processo di pianificazione nella pubblica amministrazione: alcune riflessioni con riferimento al contesto italiano*, in Ciancarella, L., Craglia, M., Ravaglia, E., Secondini, P., Valpreda, E., *La diffusione dei GIS nelle amministrazioni locali italiane*, F. Angeli, Milano
- Shen L., Ochoa J. J., Shah M.N., Zhang X. (2011). The application of urban sustainability indicators e A comparison between various practices, *Habitat International* 35 (2011), Elsevier, pp.17-29.
- Skärbäck, E. (2007) *Landscape planning to promote well-being: studies and examples from Sweden*. Environmental Practice. Volume: 9 Number: 3, pp 206 - 217. <http://dx.doi.org/10.1017/S1466046607070299>
- Sukhdev, P., Wittmer, H., and Miller, D., 'The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB): Challenges and Responses', in D. Helm and C. Hepburn (eds), *Nature in the Balance: The Economics of Biodiversity*. Oxford: Oxford University Press (2014).

Tasmania/Divisione EPA del Dipartimento delle industrie primarie, acqua e ambiente, (2012), Water Sensitive Urban Design, Engineering Procedures for Stormwater Management in Tasmania

The American Heritage Dictionary of the English Language, Fourth Edition Copyright (2000) by Houghton Mifflin Company. Published by Houghton Mifflin Company).

Turbé A., De Toni A., Benito P., Lavelle P., Lavelle P., Ruiz, N., Van der Putten W. H., Labouze E., Mudgal S., (2010), Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Report for European Commission (DG Environment). <http://ec.europa.eu/environment/soil/biodiversity.htm>

UN Habitat. (2004). Urban indicator guidelines. Kenya

USDA, Urban Hydrology for Small Watersheds, (1986), 210-VI-TR-55 United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division, Second Ed., June 1986

Verbruggen, H., & Kuik, O. (1991). Indicators of sustainable development: an overview. In O. Kuik, & H. Verbruggen (Eds.), In search of indicators of sustainable development.

WaterJPI, (2016), SRIA Strategic Research and Innovation Agenda 2.0

Wolff, G., Höke, S., Lazar S., Kaufmann-Boll C. (2011), Environmental impact of urban soil consumption. Urban SMS, Soil Management Strategy

World Resources Institute, (1995), Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development. Washington, DC: WRI.

www.autodesk.com

<http://cices.eu/>

<http://www.cwp.org/>

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps>

www.esri.com

<http://www.idrologia.polito.it/gndci/rapporti/Premessa.htm>

www.idrografico.roma.it

<http://lid-stormwater.net/>

<http://www.oecd.org/>

www.osgeo.org

<http://ucgis.org/>

<http://www.ncgia.ucsb.edu/>

<http://www.millenniumassessment.org/en/Index-2.html>

<http://www.waterjpi.eu/>

Appendice

Bacino per sedimenti - Sediment basins

Definizione:

Un bacino per i sedimenti (sediment basins) è una struttura tipo stagno progettata per rimuovere i sedimenti grossolani dalle acque piovane riducendo la velocità del fino alla velocità di sedimentazione dei sedimenti da intercettare.

Scopo:

- intercettare i sedimenti grossolani del deflusso.
- proteggere gli elementi a valle dal sovraccarico di sedimenti
- Fornire una piccola attenuazione delle inondazioni grazie al deposito di una piccola quota parte di acqua.
- Se le dimensioni dei sedimenti da intercettare sono minori di 0,125 millimetri contribuisce a rimuovere bassi livelli di idrocarburi (che hanno aderito alle particelle).



Figura 39 | Bacino per i sedimenti - sediment basins (Tasmania, 2012)

Considerazioni di attuazione:

- può richiedere una area considerevole per conseguire i desiderati livelli di trattamento.
- può avere varie configurazioni compresi spigoli duri e di base (ad esempio, cemento) o forme più naturali con vegetazione sul bordo creando un elemento urbano attraente ma, tuttavia, è tipicamente torbido e le operazioni di manutenzione in genere richiedono notevoli disturbi al sistema con la disidratazione e il dragaggio dei sedimenti raccolti (necessario circa ogni cinque anni).

Sistema di depressioni inerbite - Bioretention swales

Definizione:

Un sistema di depressioni inerbite è un sistema di biofiltrazione che si trova all'interno della base di un impluvio in genere configurati da canali poco profondi o piccole depressioni interamente coperte da vegetazione erbacea

Scopo:

- fornire la funzione di convogliare e trasportare.
- rimuovere sedimenti fini e grossolani.
- rimuovere efficientemente idrocarburi e altre particelle contaminanti solubili o non solubili dall'assorbimento biologico.
- fornire un basso livello di detenzione prolungata.
- Fornire un ritardo di flusso per le precipitazioni frequenti.



Figura 40 | bioretention swales (Tasmania, 2012)

Considerazioni di attuazione:

- possono conformare paesaggi interessanti e fornire le caratteristiche ambientali gradevoli in uno contesto urbano.
- si adattano bene ad una vasta gamma di condizioni del suolo, tra cui le zone colpite da salinità del suolo e delle acque sotterranee poiché il loro funzionamento è generalmente progettato per ridurre al minimo o eliminare la probabilità di filtrazione delle acque piovane raccolte dalla trincea verso i terreni circostanti.
- la vegetazione che cresce nel mezzo filtrante aumenta la sua funzione impedendo l'erosione del mezzo filtrante, rompendo continuamente il suolo attraverso la crescita delle piante per evitare l'intasamento del sistema. Il tipo di vegetazione varia a seconda delle esigenze del paesaggio e delle condizioni climatiche.

Bacini di bioritenzione - Bioretention basins

Definizione:

Un sistema a Bioretention basins è un sistema di biofiltrazione che prevede un trattamento efficace delle acque meteoriche attraverso una fine filtrazione, una prolungata detenzione e una quota parte di assorbimento biologico.

Scopo:

- Rimuovere sedimenti fini e grossolani.
- rimuovere efficientemente idrocarburi e altre particelle contaminanti solubili o non solubili dall'assorbimento biologico.
- fornire un basso livello di detenzione prolungata.
- Fornire un ritardo di flusso per le precipitazioni frequenti.



Figura 41 | bioretention basins (Tasmania, 2012)

Considerazioni di attuazione:

- Un sistema Bioretention basins opera con gli stessi processi di trattamento dei bioretention swales eccetto che per l'assenza della funzione di trasporto. Flussi notevoli sono deviati via o vengono scaricati dallo sfioro di troppo pieno.
- Un sistema Bioretention basins ha il vantaggio di essere applicabile ad una gamma di scale e forme e può quindi avere la flessibilità per realizzazioni all'interno di un contesto urbano. Può essere posizionato lungo strade ad intervalli regolari e può trattare il deflusso prima dell'ingresso in un sistema di drenaggio sotterraneo, o essere posizionato all'altezza degli scarichi di un sistema di drenaggio per fornire un trattamento per aree molto più grandi.

Una vasta scelta di vegetazione può essere utilizzata all'interno di un bacino bioretention, permettendo una buona integrazione in un particolare paesaggio. Sistemi più piccoli possono essere integrati con misure di moderazione del traffico o posti auto, riducendo la loro esigenza di spazio.

Filtro a sabbia - Sand filters

Definizione:

Un filtro a sabbia è un letto filtrante utilizzato per rimuovere le sostanze inquinanti.

Scopo:

- catturare gli inquinanti
- trattenere sedimenti grossolani
- filtrare finemente i flussi



Figura 42| sand filters (Tasmania, 2012)

Considerazioni di attuazione:

- Sono particolarmente utili nelle zone dove lo spazio è un prezioso e il trattamento è preferibilmente sotterraneo
- richiedono una manutenzione regolare, a causa della mancanza di vegetazione, per assicurare che la superficie del filtro a sabbia rimanga poroso e non si sporchi con i sedimenti accumulati.
- Prima di entrare in un filtro a sabbia, i flussi sono generalmente sottoposti ad un pretrattamento per rimuovere i rifiuti, i detriti e i sedimenti grossolani (in genere con una camera di sedimentazione).
- I filtri a sabbia funzionano in modo simile ai sistemi bioretention systems con l'eccezione che non hanno alcun vegetazione che cresce sulla loro superficie, questo perché sono installati sottoterra (quindi sussistono chiari limiti di crescita della vegetazione) o perché il materiale filtrante non trattiene sufficiente umidità.

Fasce tampone - Swale/ buffer systems

Definizione:

Una fascia tampone è un canale rivestito di vegetazione utilizzato per trasportare acque piovane in sostituzione dei tubi.

Scopo:

- offrono un auspicabile 'cuscinetto' tra le acque recipienti (ad esempio un torrente o le zone umide) e le zone impervie di un bacino
- L'interazione con vegetazione favorisce una distribuzione uniforme e il rallentamento dei flussi favorendo il trattenimento dei sedimenti grossolani.



Figura 43 | swale/ buffer systems (Tasmania, 2012)

Considerazioni di attuazione:

- possono essere incorporati nei progetti urbani lungo le strade o nei parchi e aggiungere valore paesaggistico al carattere estetico di un territorio.
- Funziona meglio con pendenze longitudinali del 2% al 4%. Depressioni con inclinazioni più lievi possono diventare sature d'acqua e avere ristagni, l'uso di basi permeabili può alleviare questo problema. Per pendenze oltre il 4%, occorre controllare che i rilevati possano aiutare a distribuire i flussi anche con velocità lenta.

Vegetazione fitta e irrigamento a goccia possono essere utilizzati per svolgere la stessa funzione di briglie, ma la cura del sistema deve essere esercitata assiduamente per garantire che le velocità non siano eccessivamente elevate.

- possono utilizzare una varietà di tipi di vegetazione. La vegetazione è necessaria per coprire l'intera larghezza di un sistema, per sopportare i flussi previsti e per essere sufficientemente densa per fornire un buon livello di filtrazione. Per ottenere le migliori prestazioni di trattamento, l'altezza della vegetazione deve essere al di sopra del livello dell'acqua del flusso di trattamento.
- Se il deflusso entra direttamente in un sistema, perpendicolare alla direzione di flusso principale, il bordo del sistema agisce come un buffer e fornisce un pre-trattamento per l'acqua che entra nel sistema.

Zone umide artificiali - Constructed wetlands

Definizione:

La fitodepurazione tramite sistema Constructed wetlands è una copia artificiale di un sistema di zone umide naturali utilizzato per il trattamento del deflusso delle acque piovane.

Scopo:

- rimuovere sedimenti fini e grossolani.
- rimuovere efficientemente idrocarburi e altre particelle contaminanti solubili o non solubili dall'assorbimento biologico.
- fornire detenzione prolungata.
- Fornire un ritardo di flusso per le precipitazioni frequenti.



Figura 44 | constructed wetlands (Tasmania, 2012)

Considerazioni di attuazione:

- Oltre a giocare un ruolo importante nel trattamento delle acque piovane, le zone umide possono avere anche notevoli benefici per la comunità. Esse forniscono l'habitat per la fauna selvatica e un punto di riferimento per la ricreazione, tra sentieri e aree di riposo. Essi possono anche migliorare l'estetica di un contesto urbano e essere un elemento centrale in un paesaggio.
- Le zone umide possono essere costruite su molte scale, dalla scala del singolo lotto ai grandi sistemi regionali. Nelle aree altamente urbanizzate possono avere forme squadrate ed essere parte di una rete di strade e spazi pubblici. Nelle dimensioni a scala regionale possono essere estese più di 10 ettari e fornire un significativo habitat per la fauna selvatica.

Stagni - Ponds

Definizione:

Un pond o stagno è un corpo aperto di acqua naturale o artificiale.

Scopo:

- promuovere la sedimentazione delle particelle, l'assorbimento delle sostanze nutritive da parte del fitoplancton e la disinfezione ultravioletta.
- Possono essere utilizzati come depositi per i sistemi di riutilizzo idrico, come elementi di caratterizzazione del paesaggio urbano, per la ricreazione e come habitat della fauna selvatica.



Figura 45 | Ponds (Tasmania, 2012)

Considerazioni di attuazione:

- Nelle zone in cui le zone umide non sono fattibili (ad esempio su terreni molto ripidi), gli stagni possono essere utilizzati per uno scopo simile di trattamento dell'acqua. In questi casi, gli stagni dovrebbero essere progettati per risolvere le polveri sottili e promuovere la crescita di macrofite sommerse.
- vegetazione di margine, esteticamente piacevole, contribuisce un minimo a migliorare la qualità dell'acqua, tuttavia, è necessario ridurre l'erosione dei rilevati.
- gli stagni hanno comunque bisogno di pretrattamento parimenti ai bacini sedimentari che hanno bisogno di manutenzione più regolare rispetto ai principali corpi idrici.
- gli stagni ben si adattano alle valli confinate e ripide in cui i volumi di deposito possono essere massimizzati.
- Alcune limitazioni degli stagni possono essere causate dalle specificità del sito, per esempio, la vicinanza agli aeroporti, visto che un gran numero di uccelli possono causare disturbo al traffico aereo nelle vicinanze.
- Esse richiedono inoltre l'ispezione e la manutenzione regolare per assicurare che il loro valore estetico non diminuisca.

Sistema di filtrazione - Infiltration measures

Definizione:

Un sistema di filtrazione dell'acqua sotto la superficie è progettato per permettere all'acqua di infiltrarsi nel suolo circostante.

Scopo:

- favorire l'infiltrazione di acque piovane nel suolo circostante.
- ridurre il deflusso superficiale oltre a fornire in loco la ritenzione dell'inquinante.
- fornire funzionalità di detenzione e ritenzione



Figura 46 | infiltration measures (Tasmania, 2012)

Considerazioni di attuazione:

- altamente dipendenti dalle caratteristiche locali del suolo e sono più adatte a terreni sabbiosi con falda profonda.
- Tutte le misure di infiltrazione richiedono notevole pretrattamento delle acque meteoriche prima dell'infiltrazione per evitare l'intasamento dei terreni circostanti e per proteggere la qualità delle acque sotterranee.
- In genere queste misure sono adatte a terreni altamente permeabili, in modo che l'acqua possa infiltrarsi ad una velocità sufficiente. Nelle aree con terreni di permeabilità inferiori possono essere ancora applicabili ma sono necessarie estensioni più grandi per i volumi di infiltrazione e per lo stoccaggio di detenzione.
- in dipendenza dalle condizioni locali del suolo è necessario il rispetto di distanze minime dalle costruzioni per evitare danni strutturali.
- le misure di infiltrazione possono prevedere anche la vegetazione per fornire valore paesaggistico ad una zona. Questi sistemi forniscono una migliore rimozione degli inquinanti attraverso la crescita vegetale attiva che migliora la filtrazione e garantendo che il suolo non diventi saturo di sedimenti fini.

Serbatoi di acqua piovana - Rainwater tanks

L'obiettivo principale dell'utilizzo dei serbatoi di acqua piovana (Figura 47) è quello di conservare l'acqua potabile. Oltre a conservare l'acqua potabile i serbatoi di acqua piovana contribuiscono a proteggere i flussi urbani riducendo i volumi di deflusso superficiale delle acque piovane, in particolare da piccole tempeste, e riducendo il raggiungimento dei corsi d'acqua a valle da parte delle sostanze inquinanti delle acque piovane.

Le variabili che devono essere considerate nel dimensionamento di un serbatoio di acqua piovana includono la dimensione o area di copertura diretta ad un serbatoio, la quantità e la natura della richiesta e il modello di precipitazioni di una particolare area.



Figura 47 | rainwater tanks (Tasmania, 2012)



Figura 48 | aquifer storage and recovery (www.golder.com)

Sistema di stoccaggio e recupero dell'acquifero - Aquifer storage and recovery

Il sistema di stoccaggio e recupero dell'acquifero (Figura 48) è un mezzo per rafforzare la ricarica di acqua delle falde sotterranee attraverso sia pompaggio o che alimentazione a gravità. L'acqua immagazzinata può quindi essere pompata da sotto terra durante i periodi di siccità per successivo riutilizzo e può pertanto essere un'alternativa a basso costo per i grandi depositi di superficie.

Nel contesto delle acque piovane, il sistema può essere utilizzato anche come un metodo per immagazzinare l'acqua in eccesso prodotta dall'urbanizzazione durante i periodi umidi che può poi essere recuperata durante i lunghi periodi di siccità per ridurre la dipendenza dalla rete per usi come l'irrigazione.

La raccolta del deflusso urbano che devia l'acqua in sistemi di acque sotterranee richiede che la qualità dell'acqua iniettata sia sufficiente per non degradare i futuri usi benefici attuali e potenziali degli falde acquifere.

L'efficacia di un tal sistema è fortemente dipendente sulla geologia sottostante di un territorio e la presenza e la natura delle falde acquifere.

Ringraziamenti

Alla Professoressa Maria Nicolina Ripa

per l'opportunità di intraprendere questo percorso formativo di valore, per avermi accolto all'interno del Dipartimento DAFNE con affabilità e calore, per la pazienza, la disponibilità costante, le fondamentali indicazioni e i consigli che mi hanno permesso di realizzare un lavoro di cui sono fiera

a mio padre

che sei il mio mentore, per la sopportazione, i preziosissimi scambi, perché condividi con me le tue riflessioni e mi sproni a ragionare sul futuro con l'arricchimento dell'esperienza del passato, perché mi metti sempre a disposizione tutto ciò che puoi con modestia estrema, per avermi lasciato lo spazio e gli strumenti di cui avevo bisogno e per la fiducia e l'incoraggiamento che sempre mi manifesti

a mia madre

che sei la luce che costantemente illumina i miei pensieri, la mia confidente e la mia compagna di scherzi e risate, che rendi tutto accogliente con il tuo impegno, le tue premure e la tua generosità inesauribile

a mio fratello

che mi trasmetti un affettuoso senso di protezione, per avermi dedicato tempo e competenza e per avermi con chiarezza spiegato concetti ignoti che hanno contribuito alla mia evoluzione critica

ad Antonella

per me una sorella maggiore che, con estrema dolcezza, mi guidi, mi consigli e mi aiuti a rinforzare i miei punti deboli

alla Professoressa Claudia Mattogno

per avermi introdotta nella Ricerca Accademica, per avermi insegnato come essere ordinata e metodica e per avermi trasmesso la passione per la pianificazione, le tematiche ambientali e la risorsa idrica

agli amici, quelli vicini e quelli lontani, che mi siete accanto e mi volete bene nonostante le mie stranezze e i miei difetti e in particolar modo ad Alessandro e Francesca per avermi accompagnata in questi ultimi anni con momenti irrinunciabili di condivisione, svago, riflessioni e conforto

al Club Rotaract perché attraverso un'atmosfera amicale mi ha regalato occasioni di crescita personale e professionale ad ampio respiro

a Claudio

entrato in punta di piedi nella mia vita con una dolcezza che mi scalda il cuore e mi carica di speranza