

Problematiche connesse con la progressiva impermeabilizzazione dei terreni dell'area industriale di Bari

Nicola Napoletano, Domenico Capolongo, Antonella Marsico, Luigi Pennetta

Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro",
Via Orabona 4, 70125 Bari (Italy).

Riassunto

Nel corso di un più ampio studio sulle aree industriali dismesse circostanti la città di Bari si sono potuti costatare, con l'ausilio di sistemi informativi geografici, gli effetti della progressiva impermeabilizzazione del suolo. Inizialmente è stata condotta un'analisi aerofotogrammetrica ed ortofotografica diacronica del distretto industriale di Bari-Modugno per gli anni 1955, 1973, 1988-1989, 1994-1996, 2006. In seguito è stata sovrapposta a ciascuna ortofoto una griglia a contorno irregolare costituita da circa 1600 celle di area pari ciascuna ad un ettaro. In tal modo s'è potuto affrontare il problema con un approccio quantitativo in ambiente GIS. Ogni cella è stata distinta in rapporto al suo grado di permeabilità, separando prati, aree boscate ed altre particelle lasciate allo stato naturale, da superfici occupate da edifici, capannoni e superfici pavimentate in genere. In parallelo è stato eseguito il rilevamento geoambientale diretto dell'intera area sia per agevolare l'inserimento di ciascuna cella nella competente classe di permeabilità sia per rilevare e catalogare le aree degradate insistenti nella zona di studio. Sono stati riconosciuti, quindi, *brownfields*, aree industriali dismesse, siti contaminati e altre superfici occupate da infrastrutture (aree di servizio, porzioni di terreno comprese tra le rampe autostradali e aree occupate dalla vecchia rete ferroviaria industriale dismessa).

La superficie totale occupata da queste aree ammonta a 142 ha, pari al 10 % dell'area di studio. La progressiva impermeabilizzazione del suolo, ha determinato, com'era lecito attendersi, un aumento del ruscellamento superficiale, innalzando, anche di molto, il rischio idraulico locale. Utilizzando il principio *d'invarianza idraulica delle trasformazioni di uso del suolo* (*sensu* Pistocchi, 2001) è stato calcolato il volume minimo d'invaso da prescrivere ai fini della laminazione delle piene.

Un oculato e programmato utilizzo del suolo, attuato anche mediante il riuso progressivo delle aree abbandonate, limiterebbe l'impermeabilizzazione dei suoli stessi e, di conseguenza, ridurrebbe l'elevato rischio idrogeologico locale.

Abstract

The effects of the progressively soil sealing have been evaluated during a study on the industrial disused areas surrounding the city of Bari. A multitemporal evaluation of the soil state was carried out, using a geographical information system. The starting point has been the aerial photos and orthophotos analysis of the Bari-Modugno industrial district, carried out on diverse surveys relative to the years: 1955, 1973, 1988-1989, 1994-1996, 2006. The problem has been approached in a quantitative way using a GIS software, overlapping at each orthophotos an irregular contour grid of about 1600 cells with an area of 1 ha each.

Every cell has been discerned in relation to its permeability degree, separating meadows, woods and other natural areas from surfaces occupied by buildings, sheds and paved surfaces in general. A direct survey of the whole area was carried out at the same time, both for facilitate the classification of each cell and for survey and catalog the degraded areas observed in the study area. Brownfields, industrial dismissed areas, potentially contaminated sites and other surfaces occupied by infrastructures like service areas, portion of land included between highway ramps and areas occupied by the old

dismissed railway lines were all recognized. The total surface occupied by these areas amounts to 142 ha circa, equal to the 10% of the study area. The progressively soil sealing increased the surface runoff, raising the local flood risk. Using the “hydraulic invariance” principle (*sensu* Pistocchi), the minimum retention basin volume to prescribe for the flood control has been calculated.

Containment of soil consumption and reusing dismissed areas would limit the soil sealing, consequently limiting the high hydrogeological local risk.

Premessa

In questo studio sono state analizzate le principali questioni riguardanti il consumo di suolo, in ogni sua accezione, ovvero inteso sia come impermeabilizzazione dei terreni, sia come conseguenze di natura idrogeologica, sia come abbandono di aree industriali. L'impermeabilizzazione dei suoli è stata valutata su una base foto-cartografica multitemporale unitamente ai rilievi diretti delle aree dismesse presenti nel distretto industriale di Bari – Modugno (fig. 1).

A ben vedere la città contemporanea è profondamente diversa da quella presente nell'immaginario collettivo; in essa sono ormai profondamente radicati fenomeni una volta del tutto circoscritti. Il cosiddetto *sprawl* urbano è oggi uno tra i più comuni: in pratica l'espansione urbana avviene sovente in modo sregolato e incurante di pericolosi effetti collaterali di tipo paesistico-ambientale, ecologico, etc. Emergono, di conseguenza, problemi legati al consumo di suolo in termini quantitativi e criticità di carattere qualitativo, figlie di un degrado ambientale, sia puntuale sia diffuso. Tra queste criticità spicca il *soil sealing*, traducibile approssimativamente come *impermeabilizzazione del suolo*. Tale fenomeno può essere causato sia dalla presenza di una copertura impermeabilizzante sia dal progressivo cambiamento delle caratteristiche del suolo stesso per sversamento di liquami di varia natura.

Un elemento comune a molte periferie urbane è dato dalla presenza di aree industriali e/o agricole dismesse in attesa di una nuova destinazione d'uso. Tali superfici sono note come *brownfields* (campi bruni), termine che, in realtà, raggruppa una serie di tipologie territoriali di natura vetero industriale. (Pace et al., 2004).

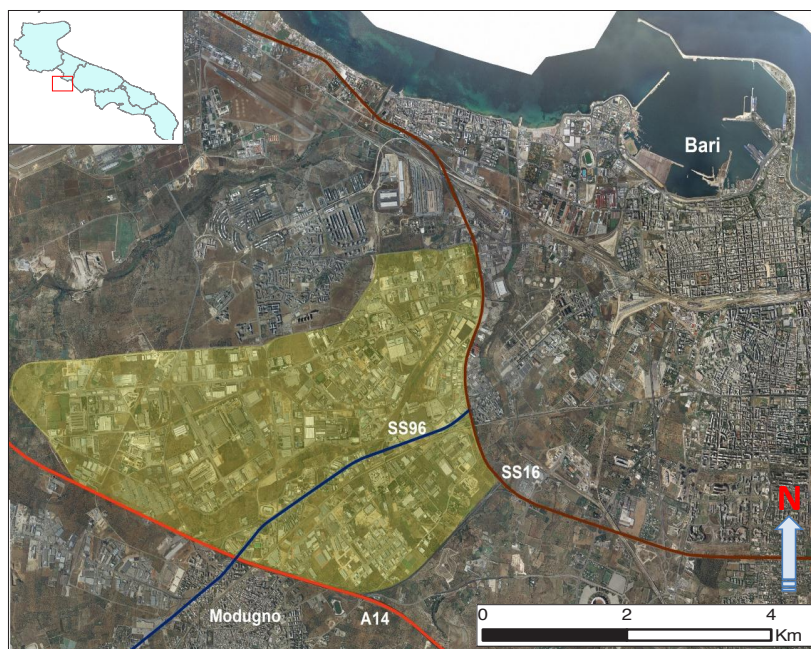


Figura 1. In giallo l'area di studio fra l'autostrada A14 e la strada statale SS16.

Inquadramento geomorfologico

L'area costiera barese sottende un bacino idrografico di circa 1.000 Km² che mostra i tipici caratteri della morfologia carsica (campi carreggiati, inghiottitoi, doline, ecc.) nel suo settore più elevato (Altopiano delle Murge Alte). Verso mare le forme carsiche sono in parte obliterate dagli effetti delle variazioni eustatiche e del sollevamento regionale. Su tutta l'area d'interesse è impostato un fitto reticolo di corsi d'acqua a regime torrentizio, che hanno inciso valli poco profonde e svasate, localmente note come *lame* (Moretti, 2005).

A quote meno elevate (da 500 m s.l.m. fino al livello del mare attuale), alla morfologia carsica si sono sovrapposti gli effetti dell'ingressione marina plio-pleistocenica e della successiva fase di sollevamento regionale che ha portato alla formazione di 16 ordini di terrazzi marini posti via via a quote decrescenti (Ciaranfi *et al.*, 1988).

Benché l'area qui considerata sia stata sottoposta ad un lungo processo di carsificazione, i corsi d'acqua sono ben sviluppati ed il reticolo idrografico è molto articolato. Tali corsi d'acqua hanno origine sulle Murge Alte e arrivano fino al mare con una singolare confluenza nella cosiddetta Conca di Bari, corrispondente all'entroterra barese (Pieri, 1975; Pennetta, 1983; Gioia *et alii*, 2011). La parte terminale della Conca, quindi la stessa città di Bari, ha patito per secoli gli effetti di rovinosi eventi alluvionali. Solo a partire dagli anni '30 del secolo scorso l'intero centro cittadino è stato messo in sicurezza grazie ad una serie di interventi mirati (Moretti, 2005; Mossa, 2007; Andriani & Walsh, 2009).

Stima diacronica del soil sealing

La metodologia utilizzata prevede la verifica diacronica dello stato d'impermeabilizzazione del suolo mediante foto-interpretazione di un'area-campione all'incirca coincidente con l'attuale distretto industriale di Bari-Modugno. Il materiale ortofotografico è costituito dai seguenti elementi in bianco/nero ed a colori:

- 1955: IGM, data 1954-10-19, scala 1:35000, macchina da presa: FAIRCHILD, ortofoto B/N;
- 1973: IGM, data: 1973-06-13, scala 1:29000, macchina da presa WILD, ortofoto B/N;
- 1988-1989: Min. dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ortofoto B/N, realizzate con la camera Leica RC30;
- 1994-1996: Min. dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ortofoto a colori;
- 2006: realizzate da agosto a novembre 2006, dal RTI Rilter/SIT/Telespazio e dall'Istituto Geografico Militare.

La fotointerpretazione è stata condotta in ambiente GIS. Mediante l'utilizzo di alcuni tools del software è stata creata e sovrapposta alle ortofoto una griglia a contorno irregolare (fig. 2) con maglie quadrate con lato di 100 metri e quindi con aree pari a un ettaro.

Ad ogni cella è stato assegnato un valore di *frazione di suolo impermeabile* compreso tra 0 ed 1.

Per assegnare tali valori ci si avvalsi dei seguenti criteri: il valore **0** è stato attribuito alle aree ricadenti in celle classificabili come *suolo permeabile*, quindi per boschi, prati e altre aree naturali, aree agricole, aree aperte, giardini privati, parchi, aiuole cittadine, corpi idrici, etc.; il valore **1** è stato dato alle aree ricadenti in celle classificabili come *suolo impermeabile*, quindi edifici, capannoni, cortili e aree pavimentate, piazzali, parcheggi, strade, ferrovie, campi da calcio, cave, cantieri, discariche, serre, etc..

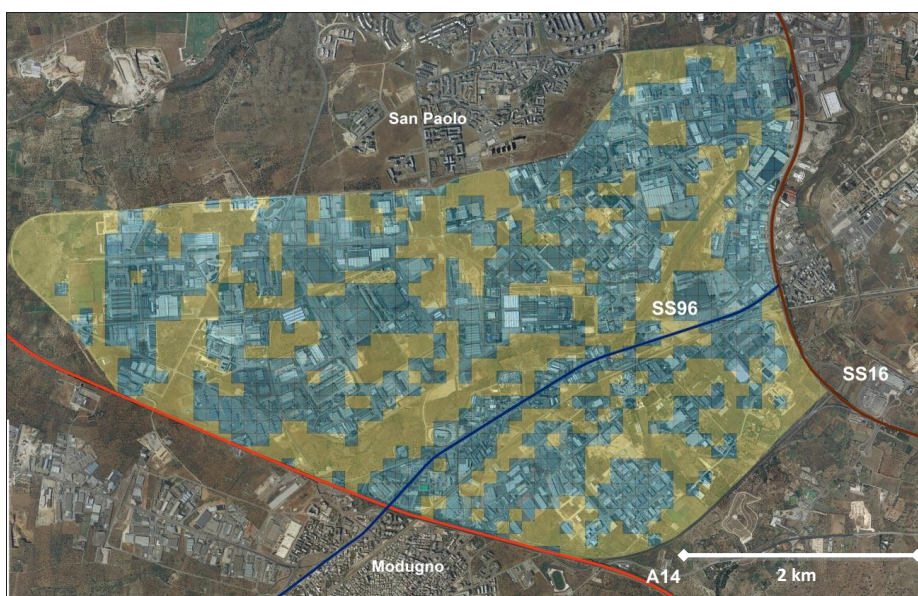


Figura 2. Elaborazione su ortofoto del 2006, in azzurro sono evidenziate le aree impermeabili, mentre in giallo le aree permeabili.

L'analisi dei dati ottenuti dalla foto-interpretazione evidenzia un aumento continuo dell'impermeabilizzazione dell'area durante tutto il periodo di studio, sintomo della presenza di fenomeni di consumo di suolo piuttosto costanti nel tempo. Il tasso d'impermeabilizzazione, ritenuto del tutto trascurabile nel 1955, si attesta al 57,1% nel 2006.

Il primo periodo analizzato (1955-1989) è legato alla crescita urbana propria del secondo dopoguerra. Il successivo, dal 1988 al 2006, è caratterizzato, invece, da uno sviluppo urbano diffuso, tipico delle aree periurbane. Le variazioni annue maggiori si registrano nel primo intervallo temporale considerato, quello compreso fra il 1955 ed il 1973.

Per la determinazione dell'incremento percentuale annuo di aree impermeabili *pro-capite*, il campione di popolazione scelto è costituito (vedi tabella seguente) dalla popolazione residente nei comuni di Bari e Modugno alle rispettive epoche (dati ISTAT).

Periodo	Percentuale di impermeabilizzazione	Incremento % annuo di aree impermeabili	Incremento annuo di aree impermeabili <i>pro-capite</i> (m ²)
1955	1,9	-	-
1973	32	0,27	12,54
1988-1989	47	0,16	6,01
1994-1996	49,2	0,04	0,59
2006	57,1	0,15	4,55

Implicazioni idrogeologiche

La progressiva impermeabilizzazione del suolo nelle aree urbane e le cosiddette operazioni di miglioramento fondiario nelle aree rurali determinano, inequivocabilmente, un aumento delle acque di ruscellamento superficiale.

Nell'area di Bari convergono gran parte delle acque superficiali dell'intero bacino idrografico che comprende parte delle Murge Alte e delle Murge Basse. Dalle osservazioni svolte sulle foto aeree dell'area di studio, è possibile notare come ampie porzioni del reticolo idrografico siano state progressivamente inglobate nel tessuto urbano fino alla scomparsa del necessario spazio vitale; altre zone, invece, hanno patito sistemazioni idrauliche ispirate a vecchi criteri operativi, quelli privi della necessaria attenzione agli aspetti paesaggistici e naturalistici (rettificazioni e cementificazione delle sponde *in primis*).

È scontato che in futuro è indispensabile limitare allo stretto necessario tali tipi d'intervento allo scopo di ridurre (se non annullare) possibili effetti derivanti dalla progressiva urbanizzazione - impermeabilizzazione dei suoli. Infatti, quest'ultimo fenomeno provoca un aumento della velocità di corrivazione obbligando l'operatore ad azioni correttive volte a mitigarne gli effetti. A tal fine si provvede alla realizzazione d'invasi per la laminazione delle acque. Se la laminazione è attuata in modo da mantenere inalterati i colmi di piena prima e dopo la trasformazione, si parla di *invarianza idraulica* delle trasformazioni di uso del suolo (Pistocchi, 2001).

Nel caso in studio la misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che è trasformata) e in cui è lasciata inalterata una quota P (tale che $I+P=100\%$) è data dal valore convenzionale:

$$w = w^{\circ} \left(\frac{\phi}{\phi^{\circ}} \right)^{\frac{1}{1-n}} - 15I - w^{\circ}P$$

essendo $w^{\circ} = 50$ mc/ha, ϕ = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione, ϕ° = coefficiente di deflusso prima della trasformazione, $n=0,48$ (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei primi 5, 15 e 30 minuti primi siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta orientativamente da vari studi sperimentali); I e P sono espressi come frazione dell'area trasformata.

Il volume così ricavato è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale, St), a prescindere dalla quota P che è lasciata inalterata.

Per la stima dei coefficienti di deflusso ϕ e ϕ° si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\begin{aligned} \phi^{\circ} &= 0.9Imp^{\circ} + 0.2 Per^{\circ} \\ \phi &= 0.9Imp + 0.2 Per \end{aligned}$$

in cui Imp e Per sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice^o) o dopo (se non c'è l'apice^o) (Pistocchi, 2001).

Il calcolo del volume di invaso richiede quindi la definizione delle seguenti grandezze:

- *quota dell'area di progetto che viene interessata dalla trasformazione (I)*; è da notare che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, devono essere incluse a computare la quota I ;
- *quota dell'area di progetto non interessata dalla trasformazione (P)*: essa è costituita solo da quelle parti che non vengono significativamente modificate, mediante regolarizzazione del terreno o altri interventi anche non impermeabilizzanti;
- *quota dell'area da ritenersi permeabile (Per)*: tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione;
- *quota dell'area da ritenersi impermeabile (Imp)*: tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione.

I valori contrassegnati con l'apice^o rappresentano i valori stimati per il 1955, i valori privi dell'apice^o sono quelli concernenti il 2006. I valori per gli indici Imp° , Imp , Per° e Per sono stati ricavati direttamente dalla stima effettuata con la fotointerpretazione.

Per quanto concerne gli indici P ed I , s'è resa necessaria un'ulteriore analisi delle ortofoto, al fine di quantificare le aree che, seppur non impermeabilizzate, hanno subito una trasformazione atta a regolarizzare e sistemare le superfici agendo indirettamente sulla laminazione. Sulla base delle grandezze caratteristiche dell'area di studio si ottiene per il volume minimo d'invaso il valore di:

$$w = 50 \left(\frac{0,599}{0,214} \right)^{\frac{1}{1-0,48}} - 15(0,59) - 50(0,41) = 332,52 \text{ mc/ha}$$

Il risultato ottenuto è molto indicativo, soprattutto se si considera che, per un terreno non urbanizzato il valore del volume d'invaso è di circa 50 mc/ha.

Appare evidente la necessità di compensare il volume d'invaso perso, a causa dell'impermeabilizzazione, con la creazione di vasche o depressioni in aree verdi, con il mantenimento di aree allagabili, con il sovradimensionamento della rete fognaria ed, infine, con lo scarico a dispersione in terreni agricoli.

Rilevamento delle aree dismesse e dei brownfields

Dopo l'interpretazione cartografica e fotografica è stato eseguito il rilevamento diretto delle aree dismesse e dei brownfields individuabili nell'area di studio.

Sono state rimarcate tutte quelle porzioni di territorio, che per origini o motivi differenti, concorrono a determinare il consumo del suolo e il degrado della zona di studio (fig. 3).

Per degrado si intende, sia un degrado di tipo quantitativo, che si identifica con il consumo di suolo in senso stretto, sia un degrado qualitativo, indicativo della probabile contaminazione del sito.

Le aree rilevate sono costituite quindi dai *brownfields*, dalle *aree industriali dismesse*, dai *siti potenzialmente contaminati* (dati ARPA), dalle superfici occupate da quanto è connesso alle infrastrutture, come le *aree di sicurezza*, gli *svincoli*, le *aree di servizio*, gli spazi lasciati liberi per la protezione dal rumore, le *porzioni di terreno comprese tra le rampe autostradali* e dalle aree occupate dalla vecchia *rete ferroviaria industriale dismessa*.

Non sono state rilevate le innumerevoli aree inutilizzate, ricadenti all'interno di proprietà private, spesso di piccole dimensioni e disposte ai confini delle proprietà. Queste, nonostante le piccole dimensioni, contribuiscono fortemente al fenomeno del consumo di suolo, in quanto nella maggior parte dei casi non assolvono nessun ruolo, né funzionale né estetico.

L'area totale occupata dai brownfields e dalle aree dismesse ammonta a circa 138 ha, pari a circa l'8% dell'area campione. A questo valore bisogna sommare l'area occupata dalla vecchia ferrovia industriale ormai fuori uso, lunga circa 10 km per una larghezza di 4 m e per un totale di 4 ha. In definitiva si ottengono 142 ha pari a circa il 10 % dell'area campione.

Le aree rilevate, sono quelle che, indipendentemente dalla disponibilità di dati sulla loro possibile contaminazione, sono comunque oggettivamente classificabili come aree dismesse potenzialmente inquinate.

Ne consegue che sono state tralasciate quelle aree che non mostravano, inequivocabilmente, segni sufficienti per il loro inserimento in una delle classi di degrado. Ciò vuol semplicemente dire che il valore del consumo di suolo appare, per il momento, abbastanza sottostimato.

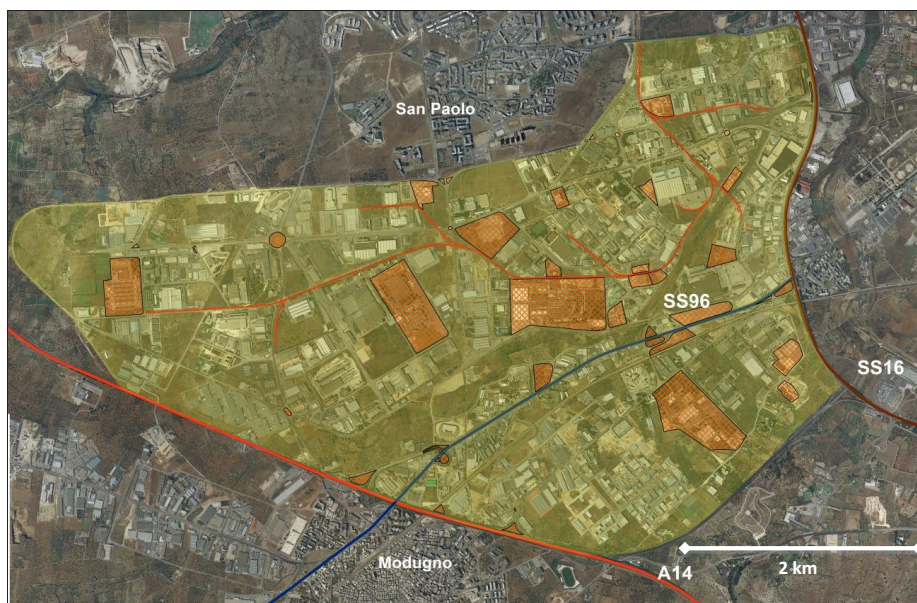


Figura 3. Brownfields, aree dismesse, siti potenzialmente contaminati e vecchia linea della ferrovia industriale (in colore arancio) rilevati nell'area di studio (in giallo).

Bibliografia

- Andriani G.F. & Walsh N. (2009): *An example of the effects of anthropogenic changes on natural environment in the apulian karst (southern Italy)*. Environ. Geol., **58**: 313-325.
- Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1988): *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 449-460.
- Gioia D., Sabato L., Spalluto L. & Tropeano M. (2011): *Fluvial landforms in relation to the geological setting in the "Murge Basse" karst of Apulia (Bari Metropolitan Area, Southern Italy)*. Journal of Maps, 148-155
- Moretti M. (2005): *Le alluvioni nel settore adriatico delle Murge (Terra di Bari): cause geologiche e ruolo dell'azione antropica*. Geologi e Territorio, n° 3/2005 pagg. 11-22
- Mossa M. (2007): *The floods in Bari: What history should have taught. Les inondations de bari: ce que l'histoire aurait du nous apprendre*. Jour. Hydr. Res., **45** (5): 579-594.
- Pace b., Sanesi g., Laforteza r. (2004): *Pianificazione dei brownfields secondo i principi dell'ecologia del paesaggio e della sostenibilità*. Genio Rurale - N. 11-2004
- Pennetta L. (1983): *L'antico reticolo fluviale delle Murge*. Studi Geologici e Geofisici delle Regioni Pugliese e Lucana, 1-17
- Pieri P. (1975): *Geologia della città di Bari*. Mem. Soc. Geol. It., **14**: 379-407
- Pieri P., Spalluto L., Sabato L., Tropeano M. (2012): *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50000, foglio 438 Bari*
- Pistocchi A. (2001): *La valutazione idrologica dei piani urbanistici – un metodo semplificato per l'invarianza idraulica nei piani regolatori generali*, Ingegneria Ambientale, vol. XXX, no. 7/8, luglio/agosto 2001