

## LA SUBSIDENZA NELL'AREA URBANA DI PARMA

F. Petrucci<sup>(1)</sup> - M. Careggio<sup>(2)</sup> - R. Cavazzini<sup>(1)</sup> - A. Conti<sup>(1)</sup> - L. Morestori<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Istituto di Geologia, Paleontologia e Geografia, Università degli Studi, Parma

<sup>(2)</sup>Istituto Osservatorio Meteorologico, Università degli Studi, Parma

<sup>(3)</sup>Azienda Municipalizzata Pubblici Servizi, Parma

**SUMMARY** - *Subsidence of the city of Parma urban area* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 8(2), 1995, 305-314 - At the request of the City Administration and the Town Water Authority (AMPS), the Institute of Geology (Parma University) started a study programme on the subsidence of the town of Parma, a small city in the Po valley (N Italy) in 1990. Subsidence indicates ground settlement. Vertical movements may be either negative or positive and can be due to either sediments compaction, or tectonic or isostatic movements. In some areas, vertical movements may also be caused by anthropic subsidence induced by land reclamation works, by the load of buildings and especially by fluid pumping from the underground. Natural subsidence cannot be controlled. Subsidence induced by anthropic activities can and should be kept within safety limits to reduce damage to the environment and buildings. Signs of ground movement have long been known in Parma, as instability phenomena in both historic and recent buildings indicate. Subsidence data is unavailable up to the end of 1980's. Research to document the occurrence of ground settling in the town and to identify causes started in 1990 as part of a hydrogeologic study aimed at a qualitative and quantitative evaluation of groundwater resources in the Parma plain. High precision levelling was designed on the basis of the town's radial development, using 14 IGM (Military Geographic Institute) bench marks and 24 reference datum points located on AMPS wells in the town area (Figure 1). Parma is crossed by the IGM levelling lines No. 40 (Parma-Verona), No. 20 (Parma-Piacenza), No. 17 (Parma-Bologna) and No. 33 (Parma-Sarzana). Only this latter one crosses the Apennines and has been used both as the origin reference datum, because it falls in an area not subjected to subsidence, and as the point connecting the origin reference datum to the town. The 1990 and 1991 geometric levellings started from bench mark No. 102/33 located on the walls of the Piantonia parish church (el. m 277.8737 in 1952), the IGM trigonometric station chosen by the firm undertaking topographic measurements. In 1992, on the basis of geologic considerations, the origin reference datum point was moved uphill and bench mark No. 200 (el. m 448.6750 in 1991) was located on the Belvedere Hotel, adjacent to the State Route 62 and built on the Mt Prinzera's ophiolite. This paper presents the results of four cycles of annual measurements from 1990 to 1993 showing that ground settlement in various zones of the town are noticeable and different in time. The present situation is synthesized in Tables 1-3, in the diagrams and in the map completing the text. In Table 1 the 1990 elevations of the town's IGM bench mark are compared to previous elevation data for each bench mark, obtained with measurements carried out from 1982 to 1985. Data of single levellings and total settlements in the period 1990-1993 of all bench marks in the town are given in Table 2. Figures 2 and 3 show data extrapolated from bench marks along lines which are considered significant owing to the town's structure. The large quantities of water pumped from the underground in the last 20 years have caused the progressive lowering of the water level in most AMPS wells (see Table 3) and may be considered as being the principal cause of subsidence. Figure 4 indicates the variations in elevation of bench marks located on the AMPS wells in the period 1990-1993. Local subsidence rate varies in time, probably because of variations in the lithological characteristics and grain size distribution of the quaternary sediments subjected to yearly variations of water extraction and recharge. As a precaution, AMPS has put out of operation wells in the town centre. Further gathering of precision levellings will allow a better definition of ground settlement patterns and may allow identification of anthropic factors.

**RIASSUNTO** - *La subsidenza nell'area urbana di Parma* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 8(2), 1995, 305-314 - Lo studio della subsidenza nell'area urbana di Parma è stato avviato nel 1990 dall'Istituto di Geologia dell'Ateneo parmense, su richiesta dell'Amministrazione Comunale e dell'Azienda acquedottistica cittadina (AMPS). Subsidenza è il termine che definisce gli abbassamenti del suolo; ai movimenti verticali negativi e/o positivi, che possono essere dovuti alla compattazione dei sedimenti, a movimenti tettonici e all'isostasia, si sovrappone, in alcune aree, la subsidenza antropica indotta dalle opere di bonifica idraulica, dai carichi concentrati degli insediamenti urbani e, soprattutto, dall'estrazione di fluidi dal sottosuolo. La subsidenza naturale non è controllabile, mentre quella indotta da cause antropiche può e deve essere contenuta entro valori opportuni per limitarne i danni ambientali e al patrimonio edilizio. Parma, città di medie dimensioni della pianura padano-veneta, da tempo presenta indizi di abbassamento del suolo, evidenziati da problemi di instabilità di edifici storici, antichi e di recente costruzione. Fino alla fine degli anni '80 non erano disponibili dati che quantificassero la subsidenza del centro urbano. Nel quadro di una ricerca idrogeologica finalizzata a valutare sotto l'aspetto qualitativo e quantitativo le risorse idriche della pianura di Parma, è stata attivata un'indagine per verificare gli abbassamenti nell'area urbana e determinarne le cause. Nella primavera del 1990 è stata progettata una rete di livellazione geometrica di alta precisione in funzione della configurazione radiale della città, delle ubicazioni dei caposaldi IGM e dei pozzi AMPS presenti nell'area. Nella nota vengono presentati i risultati dei quattro cicli di misure annuali dal 1990 al 1993, che evidenziano abbassamenti del suolo sensibili e differenziali nel tempo nelle varie zone della città. La situazione emersa è sintetizzata nelle tabelle, nei grafici e nella tavola riportati nel testo. La notevole estrazione d'acqua dal sottosuolo potrebbe essere la causa principale della subsidenza. La velocità di abbassamento locale cambia nel tempo, probabilmente a causa delle differenti condizioni lito-granulometriche dei sedimenti quaternari, soggetti a variazioni annuali di ricariche ed emungimenti. L'AMPS, per precauzione, ha messo fuori esercizio da diversi anni i pozzi del centro storico. Il proseguimento delle livellazioni geometriche di precisione, con cadenza pluriennale, potrà permettere di definire e analizzare con maggiore precisione il fenomeno ed eventualmente di intervenire sulle cause antropiche per limitarne le conseguenze.

Parole chiave: Subsidenza, livellazioni geometriche, emungimento idrico, Parma, pianura padano - veneta, Nord Italia  
Key-words: Subsidence, geometric levelling, water extraction, Parma, Venetian-Po valley, N Italy

### 1. PREMESSA

Lo studio della subsidenza nell'area urbana di Parma è stato avviato nel 1990 dall'Istituto di Geologia dell'Ateneo parmense, su richiesta dell'Amministrazione

Comunale e dell'Azienda acquedottistica cittadina (AMPS).

La pubblicazione dei risultati del quadriennio di misure, periodo limitato per potere ipotizzare modelli e trasferire le ricerche su un piano tecnico-applicativo, deve essere considerata un invito, esteso ai ricercatori e

agli Enti impegnati in questo settore, a comunicare le loro esperienze su questa rivista, al fine di delineare un quadro delle ricerche, delle metodologie, dei risultati e delle interpretazioni.

I dati numerici completi relativi alle livellazioni geometriche di precisione, le monografie dei caposaldi, le loro ubicazioni e la documentazione tecnica e grafica relativa al ciclo quadriennale di misure, sono depositati presso l'Istituto di Geologia dell'Università di Parma e la Direzione dell'AMPS.

## 2. INTRODUZIONE

L'evoluzione del territorio è dovuta all'influenza reciproca di fenomeni dinamici complessi, i cui effetti possono essere percepiti a diversi livelli spazio-temporali.

Alla scala cronologica del Quaternario possono essere sensibili, in quanto soggetti a variazioni relativamente rapide, i fattori tettonico-strutturali e climatici, che esercitano, a diverse quote e latitudini, un ruolo attivo nella degradazione delle litologie affioranti, determinando le tipologie e l'intensità dei processi di alterazione, erosione, trasporto e sedimentazione, e quindi le modalità genetiche delle forme e dei depositi.

A scala cronologica più limitata e vicina all'attuale, l'evoluzione naturale subisce l'interazione delle attività umane, spesso "guidate" dai cicli climatici a periodo breve. La pressione sul territorio, con poche e limitate eccezioni, è andata aumentando in modo progressivo da alcune migliaia di anni.

La geologia applicata alla pianificazione del territorio richiede la conoscenza e l'analisi quali-quantitativa, a diversi livelli di dettaglio, dei fenomeni dinamici, naturali e antropici, che agiscono su di esso.

Un ruolo rilevante è svolto dai movimenti a componente verticale, con conseguenze sull'altimetria del territorio e sui processi erosivi-sedimentari.

I movimenti verticali positivi e negativi sono dovuti a fattori tettonico-strutturali, isostatici, sedimentari, antropici; spesso sono la risultante della loro interazione a livello regionale e/o locale e si manifestano con velocità variabili, per intervalli o in modo continuo.

La conoscenza qualitativa e quantitativa di questi movimenti e del loro andamento riveste interesse nella pianura alluvionale, ambiente soggetto a un'evoluzione relativamente rapida, in cui dislivelli minimi possono essere determinanti per lo sviluppo della rete idrografica e dei processi sedimentari.

I depositi alluvionali di formazione geologica recente sono condizionati da una tettonica sinsedimentaria a livello del substrato, che determina movimenti positivi o negativi della superficie. Lo spostamento verticale in parte è dovuto al riequilibrio isostatico che avviene nell'arco di decine di migliaia di anni, come risultante dello sprofondamento del bacino nell'area di pianura e del sollevamento delle zone montane a seguito dei processi erosivi e dell'ultima deglaciazione.

Trascurando altri fattori che possono rivestire un'importanza locale, può essere rilevante la compattazione e litificazione dei sedimenti recenti; questo abbassamento subisce un'accelerazione per l'estrazione dei fluidi trattenuti nei sedimenti, come idrocarburi e acqua, e per gli interventi di bonifica idraulica, che tendono a prosciugare suolo e sottosuolo.

Le opere di difesa fluviale, come le arginature continue lungo i corsi d'acqua, impediscono il ricolamento della pianura attraverso le esondazioni periodiche.

La subsidenza, termine con cui si definiscono i movimenti negativi della superficie morfologica, riconosciuti da decenni in molte aree della pianura padano-veneta, sarebbe la risultante dell'insieme di questi fattori, anche se comunemente definisce gli abbassamenti locali dovuti all'estrazione di fluidi.

L'abbassamento progressivo della superficie del suolo per lunghi periodi può creare problemi di sommersione in aree litorali; se avviene con velocità rilevante può alterare l'equilibrio statico degli edifici.

Nella pianura padano-veneta il fenomeno della subsidenza, riconosciuto e studiato dagli anni '50, per gli abbassamenti sensibili dell'area deltizia del F. Po e delle fasce rivierasche periadriatiche, era stato messo in relazione con la massiccia e capillare estrazione di gas metano, concentrato in numerose sacche di piccole dimensioni. I primi effetti sono stati notati per la comparsa e la frequenza di allagamenti in interrati e di lesioni nei manufatti.

Negli anni successivi il fenomeno è stato segnalato in aree interne di media e alta pianura, in cui si verificava un crescente aumento degli emungimenti idrici e, a livello locale, delle estrazioni di idrocarburi.

I movimenti verticali del suolo sono evidenziati dal confronto fra livellazioni topografiche di precisione eseguite in tempi successivi sugli stessi caposaldi.

Una rete di livellazione geometrica di precisione, per assicurare misure attendibili nel tempo, deve essere scelta in funzione delle caratteristiche geologiche dell'area da tenere sotto controllo: condizione essenziale è la stabilità del caposaldo origine di riferimento, da cui dipende l'intera rete di misure.

Il caposaldo di riferimento per le misure di subsidenza della pianura viene scelto in zona montuosa che offre maggiori garanzie di stabilità; sono possibili comunque spostamenti verticali e/o orizzontali dovuti a fattori tettonici, isostatici, o più semplicemente alle condizioni geomorfologiche locali e alle caratteristiche fisico-mecaniche del terreno di fondazione della struttura a cui il caposaldo è ancorato.

Gli studi per la Carta Neotettonica d'Italia, iniziati negli anni '70, mettono in evidenza una tettonica recente e attuale, con l'individuazione di movimenti in determinati settori montani, collinari e nel substrato alluvionale, che può influire sulla stabilità del caposaldo origine e/o in modo diretto sulle variazioni di quota della superficie di pianura.

Il problema dell'isostasia nella regione padano-veneta non è mai stato affrontato con metodo scientifico: le notizie bibliografiche conosciute sono sporadiche e saltuarie per mancanza di dati.

Attualmente le tecniche spaziali di posizionamento, come i metodi SLR (*Satellite Laser Ranging*) e GPS (*Global Positioning System*), forniscono mezzi d'indagine di precisione per basi di grande estensione.

La fonte di confronto per il passato è rappresentata dalla rete altimetrica italiana dell'IGM. Le misure di livellazione della vecchia rete altimetrica fondamentale sono state eseguite fra il 1877 e il 1903; quelle della nuova rete fra il 1950 e il 1956 (Arca & Beretta, 1985).

Questi dati si riferiscono a periodi in cui la componente antropica sui movimenti verticali del suolo ha avuto un ruolo marginale.

Le misure successive sugli stessi caposaldi mettono in evidenza un incremento della velocità del fenomeno, che sarebbe connesso con una maggiore incidenza della componente antropica. L'accelerazione coincide cronologicamente con lo sfruttamento intensivo del sottosuolo della pianura, potenziato negli anni '50 con l'estrazione di idrocarburi gassosi, a partire dal litorale adriatico alle zone interne, e proseguito negli anni successivi con l'aumento degli emungimenti di acque dolci, che perdura con ritmo crescente fino a oggi.

L'emungimento non è effettuato solo dai grandi e medi acquedotti urbani, dall'industria e dagli allevamenti, ma è praticato in modo capillare per l'irrigazione agricola, che nella pianura padana a S del Fiume Po supera le altre richieste, in quanto le derivazioni dai torrenti appenninici forniscono modesti quantitativi d'acqua.

A N del Fiume Po, dove la pianura possiede un efficiente sistema di derivazioni irrigue, i prelievi agricoli sono minori, ma il bilancio estrattivo resta elevato per la maggiore incidenza dell'emungimento industriale.

Livellazioni locali di precisione eseguite da circa un quarantennio in diverse zone della pianura padano-veneta, hanno rilevato valori medi annuali di abbassamento del suolo dell'ordine di qualche centimetro per anno. La bibliografia riporta i casi delle aree urbane e delle fasce periferiche di Como (valore massimo nel periodo '55-'75: 20 mm/a, nel '75-'79: 13 mm/a), Milano (massimo nel periodo '50-'72: 20 mm/a) e, a S del F. Po, Modena (massimo nel '50-'79: 28 mm/a), Bologna (massimi nel '72-'80: 80÷100 mm/a), Forlì (massimi nel '72-'76: 40÷50 mm/a), Ravenna (massimo nel '50-'70: 25 mm/a), bassa ferrarese (velocità media nel periodo '70-'78: 10 mm/a). Ulteriori dati sono noti lungo il litorale adriatico sia in terra che sul fondo marino.

In alcune zone, dopo il 1970, il movimento ha subito un rallentamento o un'inversione di tendenza, da mettere in relazione con la riduzione o l'arresto locale delle estrazioni di fluidi dal sottosuolo.

I valori desunti dalla bibliografia esprimono l'ordine di grandezza del fenomeno, ma sono il risultato di misure saltuarie, localizzate e non coordinate, per cui non è

possibile un inquadramento omogeneo della subsidenza a scala regionale.

### 3. SCOPO E METODOLOGIA DI RICERCA

La città di Parma come altre aree urbane dell'Emilia-Romagna denuncia da anni una marcata instabilità delle costruzioni, che presentano lesioni e crepe, indici di cedimenti nel terreno di fondazione. I dissesti sono avvertiti soprattutto dagli edifici del centro storico e si estendono alla fascia periferica edificata nel primo decennio post bellico. Le costruzioni più recenti, con fondazioni e strutture portanti in cemento armato, pur soggette a sollecitazioni dello stesso tipo, risentono in misura minore del fenomeno.

Fino alla fine degli anni '80 nel territorio di Parma non sono stati eseguiti studi organici e finalizzati sulle variazioni di quota nel tempo: gli unici dati di confronto sono quelli forniti dalle livellazioni della vecchia e nuova rete altimetrica fondamentale, che si riferiscono a un intervallo di sessanta anni.

In questo arco di tempo i caposaldi della città e delle zone periferiche, in quel periodo agricole e poco urbanizzate, erano soggetti ad abbassamenti dell'ordine di qualche millimetro all'anno (Arca & Beretta, 1985).

A partire dagli anni '60 la città e le località della cintura periferica hanno avuto un notevole sviluppo urbanistico e industriale e nel contempo è cresciuto in modo esponenziale lo sfruttamento idrico del sottosuolo da parte dell'agricoltura, degli acquedotti, delle industrie, ecc., sia come quantitativi di acqua estratti che come numero dei punti di approvvigionamento.

A causa degli indizi che segnalavano la probabile subsidenza del suolo, l'Azienda Municipalizzata per i Pubblici Servizi, principale erogatrice d'acqua emunta dal sottosuolo cittadino, ha chiuso i pozzi del centro storico, prevedendo di estendere il provvedimento a tutti i pozzi urbani e di trasferire integralmente l'emungimento in campi acquiferi esterni.

La Convenzione stipulata nel 1989 con l'Istituto di Geologia dell'Ateneo Parmense, prevedeva un primo ciclo di misure annuali per un periodo di quattro anni a partire dal 1990, affidate con regolare appalto a una Ditta specializzata nel settore. I risultati della ricerca sono presentati in questa nota.

Per ottenere i dati numerici necessari allo studio del fenomeno è stata progettata una rete di livellazione geometrica di alta precisione (tolleranza:  $t = \pm 3\sqrt{D}$  mm, dove D è la tratta di misura in km), a copertura dell'area urbana, tenendo conto della configurazione radiale della città, delle ubicazioni dei caposaldi di riferimento e dei pozzi AMPS (Fig. 1).

L'area urbana è interessata dalle linee di livellazione IGM n. 40 Parma-Verona, n. 20 Parma-Piacenza, n. 17 Parma-Bologna e n. 33 Parma-Sarzana. La linea n. 33 Parma-Sarzana, che attraversa l'area appenninica, è stata

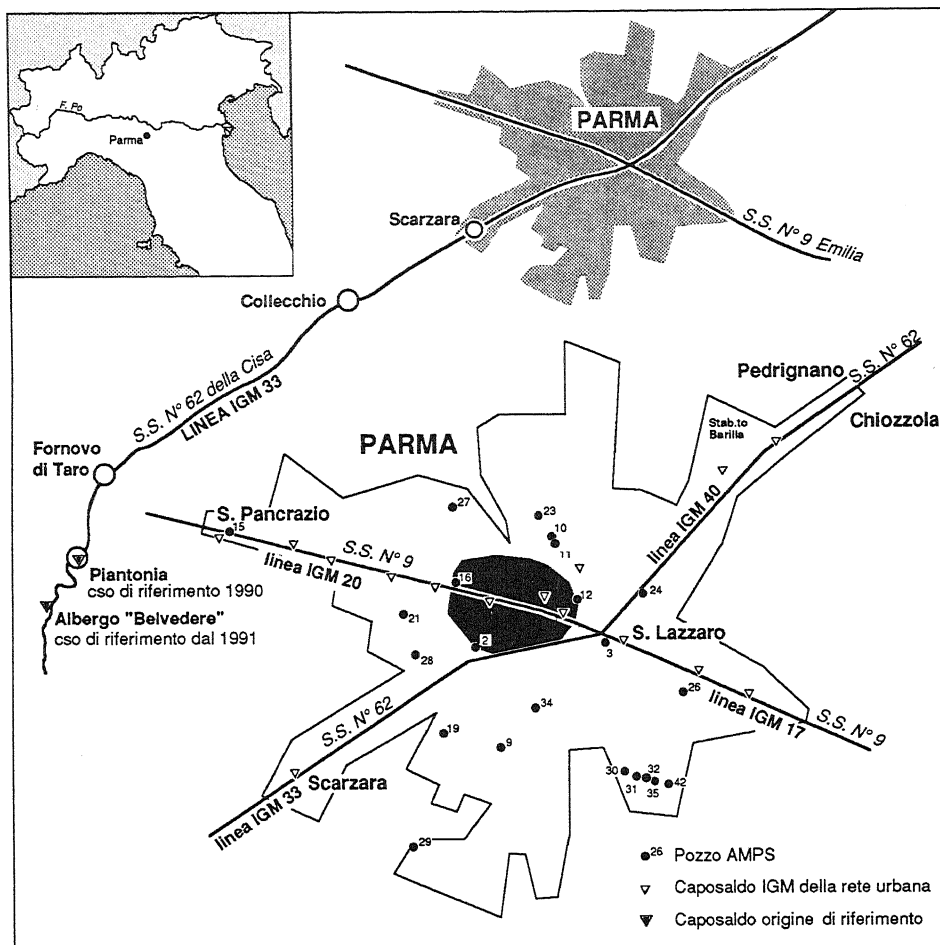


Fig. 1 - Carta indice e quadro d'insieme dei Pozzi AMPS e dei caposaldi appartenenti alle linee di livellazione IGM nell'area urbana di Parma. Il caposaldo di riferimento per le misure di subsidenza della città è stato individuato in area appenninica lungo la linea di livellazione IGM n. 33 Parma - Sarzana, il cui tracciato è stato utilizzato per il collegamento alla periferia urbana SO, in località Scarzara. Lo schema in basso evidenzia lo sviluppo urbanistico della città, che è giunta a inglobare le località della cintura periferica; in nero è riportato il centro storico, i cui limiti corrispondono all'antica cinta muraria, demolita nei primi decenni del secolo.

*Index map and plan of AMPS wells and IGM levelling bench marks in the town of Parma. Reference bench mark for subsidence measurements is located in the Apennines along the IGM levelling line no. 33 Parma-Sarzana. This layout is used as a connection with the southwestern suburban area of Parma (Scarzara). The inset in the lower part of the figure shows the town's urban development englobing outlying sites. The town centre, in black, is delimited by the remains of the city walls, which were demolished at the beginning of this century.*

utilizzata per individuare il caposaldo origine di riferimento.

Le prime due livellazioni geometriche di precisione, eseguite nel 1990 e 1991 rispettivamente, hanno avuto origine dal caposaldo n. 102/33 ubicato sulle strutture murarie della chiesa parrocchiale di Piantonia (quota m 277,8737 - anno 1952), che costituisce un punto trigonometrico IGM scelto come riferimento dalla Ditta appaltatrice. Dal C.S. 102/33 al C.S. 126/33 (Scarzara), la linea IGM n. 33 è stata utilizzata come collegamento alla rete urbana.

Nel territorio urbano sono stati utilizzati 14 caposaldi IGM appartenenti alle quattro linee e 24 punti di riferimento materializzati sulle strutture dei pozzi idrici dell'Azienda erogatrice (Fig. 1).

Nel corso delle livellazioni sono stati aggiunti altri tre punti di riferimento in corrispondenza di altrettanti

pozzi di nuova perforazione in zone esterne alla città.

La rete cittadina di livellazione si articola in due poligoni principali, uno centrale e uno periferico, dai quali partono alcune linee radiali dirette verso i caposaldi, e in una serie di 23 poligoni secondari, che collegano trasversalmente i caposaldi fissati in prossimità dei pozzi.

Nel 1992, sulla base di considerazioni di carattere geologico, si è ritenuto opportuno spostare verso monte il caposaldo origine, in quanto la località di Piantonia, interessata da fenomeni franosi localmente e temporaneamente quiescenti, non offre nel tempo garanzie di stabilità (Petrucci & Tagliavini, 1991). Il nuovo caposaldo di riferimento, denominato C.S. 200 (quota m 448,6750 - anno 1991), è stato localizzato sull'edificio Albergo Belvedere, adiacente alla S.S. n. 62 della Cisa, fondato sull'affioramento ofiolitico del M. Prinzerà (Fig. 1).

Di conseguenza nelle misure 1992 e 1993 il calcolo e la compensazione della linea di collegamento e della rete urbana sono stati riferiti al caposal-

do C.S. 200.

Le due livellazioni hanno confermato la mobilità del C.S. 102/33, che ha fatto registrare nel periodo 1991-1992 un abbassamento di 0,6 mm rispetto al C.S. 200 e nel 1992-1993 di 4,8 mm.

Supponendo che il C.S. 102/33 si sia abbassato anche nel 1990-1991, lo spostamento avrebbe condizionato tutti i caposaldi della livellazione, facendo rilevare un abbassamento minore di quello reale. In questa ipotesi i dati rilevati nel 1990-1991 sarebbero in difetto sulla reale subsidenza dell'area urbana.

La necessità di spostare il caposaldo origine di riferimento è un inconveniente che si è verificato spesso nel corso di livellazioni sul territorio nazionale, per la difficoltà di valutare a priori la stabilità di un sito.

#### 4. DATI RILEVATI

La livellazione 1990 ha fornito gli elementi di riferimento per le misure successive. Nello stesso tempo ha permesso una prima valutazione degli spostamenti dei caposaldi IGM della rete urbana, per confronto con i dati altimetrici provenienti da misure eseguite in anni diversi fra il 1980 e il 1985.

Il raffronto evidenzia abbassamenti dei caposaldi IGM urbani, con un massimo della velocità media di 22,44 mm/a nell'intervallo 1985-1990 in corrispondenza del caposaldo 1/40 (via Trieste, settore N della città) e un minimo di 1,63 mm/a nell'intervallo 1982-1990 per il caposaldo 126/33 (Scarzara, alla periferia meridionale della città).

L'insieme di questi dati, riportati nella Tabella 1, non consente una comparazione omogenea tra i diversi caposaldi IGM né un inquadramento quantitativo del fenomeno, ma ha permesso una prima valutazione qualitativa del suo andamento ed entità.

La livellazione 1991, riferita al C.S. 102/33 (Piantonia, chiesa parrocchiale), mette in evidenza l'abbassamento di tutti i caposaldi della rete urbana nel periodo

Tabella 1 - Caposaldi IGM nell' area urbana: comparazione fra le quote rilevate nella livellazione 1990 con i dati altimetrici preesistenti, provenienti da misure eseguite dal 1980 al 1985.

*IGM bench marks in the town. Comparison between elevations obtained from the 1990 levelling and previous data taken in the years from 1980 to 1985. Data are not homogeneous and do not allow a quantitative evaluation of subsidence; however, they highlight the bench mark's tendency to lowering. This datum is used as a qualitative identification of the phenomenon.*

caposaldo IGM				quota 1990	$\Delta h$	v media
N°	località	quota	anno			
		m		m	mm	mm/a
6/20	S. Pancrazio	56,3034	1982	56,2787	-24,7	3,09
5/20	Villa Maghenzani	55,5475	1982	55,5196	-27,9	3,49
4/20	Villa Tedeschi	54,5194	1982	54,4889	-30,5	3,81
3/20	Stab.to Pezzoli	53,7774	1982	53,7366	-40,8	5,10
2/20	Ospedale Civile	54,8779	1982	54,8007	-77,2	9,65
1/20	Ch. SS. Annunziata	55,9508	1982	55,8584	-92,4	11,55
26 N	Chiesa S. Giovanni	52,7609	1985	52,6624	-98,5	19,70
92/17	Chiesa S. Michele	53,9813	1980	53,9258	-55,5	5,55
91/17	Arco S. Lazzaro	53,0132	1980	52,9128	-100,4	10,04
90/17	S. Lazzaro	49,6152	1980	49,5672	-48,0	4,80
1/40	Via Trieste	47,5923	1985	47,4801	-112,2	22,44
4/40	Case Melli	40,3724	1985	40,3041	-68,3	13,66
5/40	Stab.to Barilla	38,7548	1985	38,6924	-62,4	12,48
126/33	Scarzara	80,3053	1982	80,2923	-13,0	1,63

1990-1991, con velocità comprese fra 3,20 mm/a del caposaldo 27 (pozzo n. 35, Marore, settore SE della città) e 23,10 mm/a del caposaldo 44 (Strada Valera di Sotto, settore occidentale della città) (Tabella 2).

La livellazione 1992, riferita al C.S. 200 (Albergo Belvedere), indica velocità di abbassamento, nel periodo 1991-1992, comprese fra 0,40 mm/a del caposaldo 41 (incrocio via Pontasso-via Martiri della Liberazione, settore occidentale) e 17,30 mm/a del caposaldo 10 (cavalcavia via Benedetta-via Burla, settore NE della città).

A causa dello spostamento verso monte del caposaldo origine, il confronto fra le livellazioni del 1991 e del 1992 non è rigorosamente omogeneo, ma rimane indicativo dell'ordine di grandezza degli abbassamenti.

La livellazione 1993 indica velocità di abbassamento, riferite al periodo 1992-1993, comprese fra 2,00 mm/a del caposaldo 11 (via Burla, settore NE) e 17,50 mm/a del caposaldo 43 (Villa Chiari, Strada Valera di Sotto, settore occidentale della città).

I dati relativi alle singole livellazioni e gli abbassamenti totali nel periodo 1990-1993 sono riportati in Tabella 2 e nei grafici delle Figure 2 e 3, costruiti secondo gli allineamenti WNW-ESE, subparallelo alla via Emilia, e SW-NE (Fig. 1).

In Figura 4 sono riportate le isolinee degli abbassamenti per il periodo 1990-1993, riferite ai caposaldi ubicati sui pozzi AMPS; l'elaborato rappresenta un tentativo di correlazione fra gli abbassamenti del suolo e i punti di emungimento idrico forzato nell' area urbana.

#### 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il periodo quadriennale di misura della subsidenza nell'area urbana di Parma, pur evidenziando abbassamenti sensibili e differenziali del suolo, è insufficiente per trarre delle conclusioni sia per quanto riguarda la distribuzione quantitativa del fenomeno, che per una sua interpretazione.

Solo proseguendo l'indagine, con misure ripetute a cadenze di almeno due o tre anni, sarà possibile tenere sotto controllo il fenomeno, verificare la sua evoluzione nel tempo, il grado di pericolosità ambientale e stabilirne le cause.

I risultati delle misure, rigorose per quanto riguarda le livellazioni topografiche, possono lasciare dubbi sulla stabilità del caposaldo di riferimento, già sostituito nel corso della prima fase della ricerca.

Gli studi eseguiti per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia (Ambrosetti *et al.*, 1987), pongono l'area dell' Appennino compresa fra le valli del F. Taro e del T. Baganza, dove si trova il M. Prinzerà, in sollevamento dal Pliocene all'attuale, mentre la pianura si sarebbe costantemente abbassata.

Il sollevamento strutturale del caposaldo di riferimento, anche se molto piccolo, implicherebbe una valutazione per eccesso dei valori di subsidenza dell'area

Tabella 2 - Variazione altimetrica dei caposaldi dell'area urbana nel quadriennio di misure 1990-1993.

Variation in elevation of bench marks in the town in the period 1990-1993. Values indicate a differential lowering of bench marks.

caposaldo		$\Delta h$ mm				caposaldo		$\Delta h$ mm			
N°	tipo	1990-91	1991-92	1992-93	1990-93	N°	tipo	1990-91	1991-92	1992-93	1990-93
1	cs0	-14,00	-3,30	-8,40	-25,70	47	pozzo 27	-15,60	-3,70	-10,50	-29,80
2	cs0	-13,10	-4,60	-11,20	-28,90	48	cs0	-13,90	-4,30	-10,80	-29,00
3	cs0	-8,70	-7,70	-4,40	-20,80	49	cs0	-10,60	-7,80	-11,40	-29,80
4	cs0	-12,90	-11,70	-5,50	-30,10	50	cs0	-14,80	-9,40	-10,20	-34,40
5	cs0	-6,70	-12,30	-4,90	-23,90	51	cs0	-12,60	-10,20	-11,10	-33,90
6	cs0	-10,80	-10,60	-9,60	-31,00	52 bis	pozzo 23	-16,70	-15,40	-12,60	-44,70
7	cs0	-13,80	-13,40	-10,60	-37,80	53	cs0	-13,20	-13,50	-9,90	-36,60
8	cs0	-14,80	-8,70	-9,60	-33,10	54	pozzo 10	-11,60	-14,30	-9,00	-34,90
9	cs0	-14,90	-	-	-	55	pozzo 11	-10,90	-13,80	-9,50	-34,20
9 bis	cs0	-	-	-5,30	-	56	cs0	-12,30	-10,30	-9,00	-31,60
10	cs0	-9,20	-17,30	-6,20	-32,70	57	cs0	-14,60	-16,00	-4,70	-35,30
11	cs0	-10,20	-15,60	-2,00	-27,80	58	pozzo 3	-13,80	-10,50	-10,10	-34,40
12	cs0	-9,80	-13,00	-3,70	-26,50	59	pozzo 12	-8,80	-12,80	-7,40	-29,00
13	cs0	-11,10	-11,80	-4,50	-27,40	60	pozzo 16	-10,70	-9,10	-10,40	-30,20
14	cs0	-11,60	-10,30	-7,60	-29,50	61	cs0	-8,80	-11,70	-10,60	-31,10
15	cs0	-13,20	-11,00	-10,60	-34,80	62	cs0	-13,40	-13,30	-12,00	-38,70
16	cs0	-9,90	-11,60	-16,10	-37,60	63	pozzo 2	-12,00	-10,80	-10,40	-33,20
17	cs0	-6,30	-9,90	-13,10	-29,30	64	cs0	-10,60	-9,10	-8,60	-28,30
18	cs0	-8,80	-9,70	-11,10	-29,60	65	pozzo 28	-8,70	-6,40	-8,70	-23,80
19	pozzo 24	-8,70	-10,30	-15,00	-34,00	66	pozzo 21	-11,80	-6,80	-12,00	-30,60
20	cs0	-8,40	-3,80	-15,00	-27,20	67	cs0	-11,80	-7,20	-9,50	-28,50
21	cs0	-17,70	-	-36,80	-	68	cs0	-12,00	-6,60	-9,80	-28,40
22	pozzo 40	-12,80	-4,70	-5,90	-23,40	69	cs0	-8,70	-5,00	-11,10	-24,80
23	pozzo 41	-10,90	-5,50	-9,40	-25,80	70	cs0	-9,80	-8,80	-13,70	-32,30
24	pozzo 26	-3,80	-12,20	-5,70	-21,70	71	pozzo 19	-9,10	-8,30	-14,00	-31,40
25	cs0	-4,00	-14,70	-4,90	-23,60	72	cs0	-8,00	-6,90	-15,70	-30,60
26	pozzo 42	-4,10	-11,90	-5,50	-21,50	73	pozzo 9	-10,50	-13,90	-13,10	-37,50
27	pozzo 35	-3,20	-12,60	-4,20	-20,00	74	cs0	-10,00	-9,50	-10,60	-30,10
28	pozzo 32	-4,20	-11,70	-5,60	-21,50	75	pozzo 34	-13,10	-11,70	-16,60	-41,40
29	pozzo 31	-5,10	-11,10	-5,60	-21,80	76	cs0	-6,90	-11,50	-12,40	-30,80
30	pozzo 30	-5,70	-11,40	-8,60	-25,70	77	cs0	-7,00	-10,50	-8,60	-26,10
31	cs0	-9,90	-12,00	-11,50	-33,40	78	cs0	-9,70	-10,10	-10,80	-30,60
32	cs0	-11,00	-12,40	-14,10	-37,50	79	cs0	-13,20	-11,00	-11,10	-35,30
33	cs0	-6,40	-10,70	-9,10	-26,20	26 N	cs0 IGM C	-12,20	-10,70	-9,00	-31,90
34	cs0	-7,10	-11,20	-6,80	-25,10	1/20	cs0 IGM/c	-11,20	-10,90	-9,40	-31,50
35	pozzo 29	-10,70	-8,40	-5,70	-24,80	2/20	cs0 IGM/c	-13,00	-8,40	-13,00	-34,40
36	cs0	-6,00	-15,30	-10,90	-32,20	3/20	cs0 IGM	-9,30	-8,50	-7,70	-25,50
37	cs0	-12,90	-5,00	-13,80	-31,70	4/20	cs0 IGM	-16,60	-1,80	-10,60	-29,00
38	cs0	-13,30	-5,10	-13,90	-32,30	5/20	cs0 IGM/c	-19,50	-0,60	-12,50	-32,60
39	cs0	-10,70	-6,10	-10,60	-27,40	6/20	cs0 IGM	-20,90	-1,80	-10,30	-33,00
40	cs0	-12,80	-4,50	-	-	89/17	cs0 IGM/a	-5,40	-9,50	-11,00	-25,90
41	cs0	-4,70	-0,40	-12,30	-17,40	90/17	cs0 IGM	-3,60	-11,30	-13,10	-28,00
42	cs0	-11,60	-3,80	-9,80	-25,20	91/17	cs0 IGM	-9,10	-12,20	-10,50	-31,80
43	cs0	-19,50	-6,00	-17,50	-43,00	92/17	cs0 IGM	-9,10	-10,50	-9,50	-29,10
44	cs0	-23,10	-5,00	-15,00	-43,10	1/40	cs0 IGM	-13,40	-14,80	-8,90	-37,10
45	cs0	-22,40	-3,30	-11,20	-36,90	4/40	cs0 IGM	-5,20	-13,70	-13,10	-32,00
46	pozzo 15	-17,80	-5,90	-9,90	-33,60	5/40	cs0 IGM/c	-12,10	-11,30	-12,40	-35,80

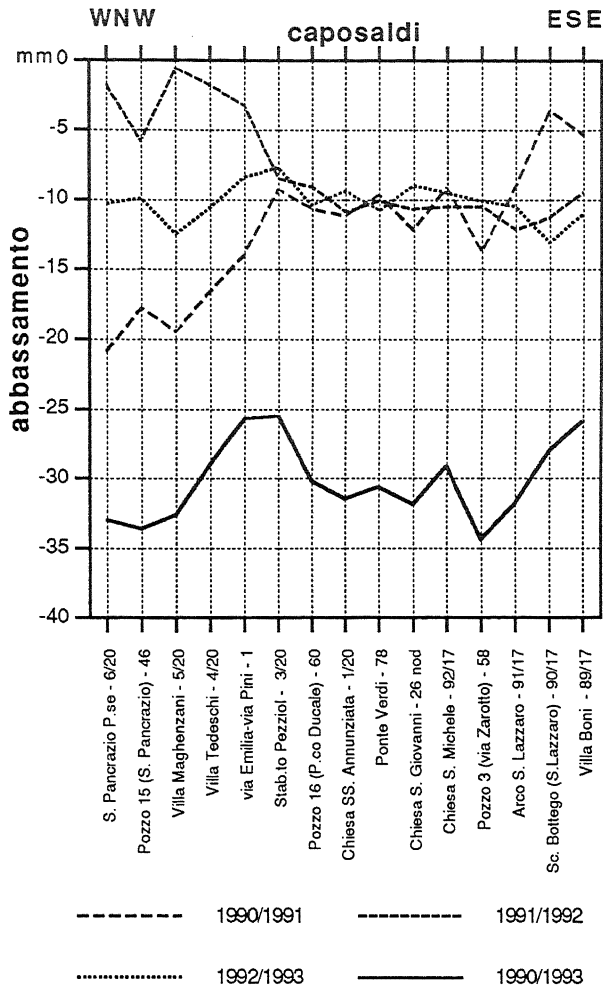


Fig. 2 - Grafico degli abbassamenti relativi alle livellazioni annuali con abbassamento totale nel periodo 1990-1993 dei caposaldi urbani localizzati lungo un allineamento WNW - ESE, secondo i tracciati delle linee IGM n. 20 Parma-Piacenza e n. 17 Parma-Bologna.

Diagram of annual ground and total settlement for the years 1990-1993 of town bench marks, along a WNW-ESE alignment following the IGM lines no. 20 Parma-Piacenza and no. 17 Parma-Bologna layout.

urbana; movimenti negativi lungo le strutture tettoniche sepolte nella pianura possono comportare un'accentuazione locale dell'abbassamento del suolo. Questi movimenti verticali, positivi o negativi, sarebbero tuttavia inferiori agli abbassamenti rilevati per la città di Parma.

Di conseguenza i dati numerici pubblicati sarebbero rappresentativi degli effetti indotti dall'azione dell'uomo ed evidenziano il pericolo rappresentato dall'estrazione intensiva d'acqua in zone fortemente industrializzate e urbanizzate.

La Tabella 2 e le Figure 2 e 3, che riportano gli abbassamenti annuali dei caposaldi, mostrano l'importanza del fenomeno e la sua variabilità nel tempo.

La situazione è particolarmente sensibile nel centro storico: i caposaldi 2/20, 1/20, 26 nod. e 92/17 presentano valori di abbassamento dell'ordine della decina di millimetri o più all'anno.

Un dato di raffronto significativo riguarda il caposal-

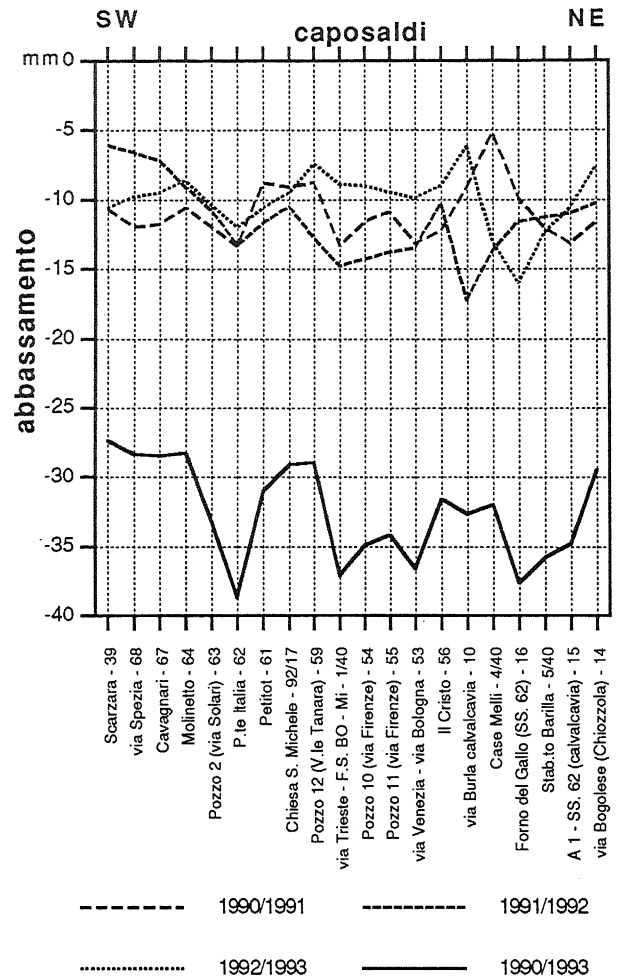


Fig. 3 - Grafico degli abbassamenti relativi alle livellazioni annuali con abbassamento totale nel periodo 1990 - 1993 dei caposaldi urbani localizzati lungo un allineamento SW - NE, secondo i tracciati delle linee IGM n. 33 Parma - Sarzana e n. 40 Parma - Verona.

Diagram of annual ground and total settlement for the years 1990-1993 of town bench marks, along a SW-NE alignment following the IGM lines no. 33 Parma-Sarzana and no. 40 Parma-Verona layout.

do 26 nod. (Chiesa di S. Giovanni), che rappresenta il punto nodale in cui si incrociano le linee IGM che raggiungono la città, e le cui misurazioni "storiche" sono riportate in bibliografia (Arca & Beretta, 1985). Nel periodo 1897 - 1957 il C.S. 26 nod. ha registrato un abbassamento totale di 101,00 mm, con una velocità media di 1,68 mm/a, mentre nell'intervallo 1985-1990 ha avuto un abbassamento totale di 98,50 mm, pari a un tasso di 19,70 mm/a.

Per lo stesso caposaldo, nel periodo 1990-1993 (Tab. 2, Figg. 2 e 3), è stato misurato un abbassamento totale di 31,90 mm, con una velocità media di 10,60 mm/a, valore circa sestuplo rispetto al 1897-1957, ma inferiore al 1985-1990.

A prescindere dai limiti connessi alla comparazione di misure altimetriche provenienti da diverse fonti e basate su diverse reti di livellazione, i dati confermerebbero l'accelerazione del fenomeno di abbassamento del

Tabella 3 - Comparazione tra gli abbassamenti del suolo misurati nel periodo 1990-1993 in corrispondenza dei caposaldi localizzati sui pozzi AMPS in esercizio nell' area urbana e le variazioni dei livelli statici in pozzo. Il rilievo sistematico dei livelli è iniziato alla fine del 1976 ed è proseguito, con l'aggiunta dei pozzi perforati negli anni successivi, con almeno due misure annuali, nel periodo primaverile di massima alimentazione degli acquiferi e in quello autunnale di magra. I dati delle due misure annuali, disponibili dal 1977, mettono in evidenza, con poche eccezioni, un abbassamento progressivo e generalizzato dei livelli, sottolineato in tabella dal confronto con il 1993. I valori mancanti dei pozzi n. 24 e n. 27 sono dovuti all'impossibilità di fermare anche temporaneamente l'emungimento.

*Comparison between ground settlements in the period 1990-1993 at bench marks located on AMPS wells in operation in the town, and water level in the wells. Systematic survey of water level started at the end of 1976 and has continued also for wells bored in following years. Two measurements are taken each year, in spring and autumn during the periods of aquifers' high- and low-water. Data show, with a few exceptions, a progressive and general lowering of water level as emphasized by a comparison with the 1993 data. Values in wells nos. 24 and 27 are not complete because it was not possible to interrupt extraction.*

Pozzi A.M.P.S. in esercizio	abbassamento suolo 1990 - 1993	livello statico					
		primavera			autunno		
		1977	1993	variazione	1977	1993	variazione
		1979 <sup>1</sup>			1979 <sup>1</sup>		
1980 <sup>2</sup>	1983 <sup>3</sup>	1986 <sup>4</sup>	1980 <sup>2</sup>	1983 <sup>3</sup>	1986 <sup>4</sup>		
N°	mm	m dal p.c.	m	m dal p.c.	m	m	
2	33,20	-5,50	-8,50	-3,00	-8,50	-14,70	-6,20
3	34,40	-2,60	-5,15	-2,55	-6,00	-9,50	-3,50
9	37,50	-8,00	-10,80	-2,80	-11,30	-18,00	-6,70
10	34,90	-5,80	-4,30	+1,50	-7,20	-9,90	-2,70
11	34,20	-4,00	-4,30	-0,30	-6,00	-9,30	-3,30
12	29,00	0,00	-2,75	-2,75	0,00	-6,80	-6,80
15	33,60	-5,00	-12,50	-7,50	-5,50	-14,90	-9,40
16	30,20	-6,50	-9,20	-2,70	-9,00	-12,90	-3,90
19	31,40	-9,80	-12,70	-2,90	-13,50	-19,10	-5,60
21	30,60	-5,70	-9,15	-3,45	-8,30	-13,40	-5,10
23	44,70	-5,50	-7,90	-2,40	-7,20	-10,00	-2,80
24	34,00	-0,30	-	-	-0,50	-4,90	-4,40
26	21,70	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,80	-5,80
27	29,80	-6,00	-	-	-8,30	-	-
28	23,80	-6,80	-8,80	-2,00	-11,00	-14,40	-3,40
29	24,80	-10,00 <sup>2</sup>	-14,40	-4,40	-14,00 <sup>2</sup>	-22,50	-8,50
30	25,70	-5,30	-7,90	-2,60	-7,50	-8,60	-1,10
31	21,80	-5,60 <sup>1</sup>	-6,50	-0,90	-8,10 <sup>1</sup>	-10,90	-2,80
32	21,50	-6,20 <sup>4</sup>	-7,10	-0,90	-14,10 <sup>4</sup>	-12,50	+1,60
34	41,40	-10,70 <sup>3</sup>	-9,40	-0,90	-21,10 <sup>3</sup>	-16,20	+1,60
35	20,00	-6,40 <sup>3</sup>	-6,80	-0,40	-16,90 <sup>3</sup>	-12,20	+4,70

suolo dopo il 1960 e, almeno per il caposaldo esaminato, una tendenza all'attenuazione del movimento negli ultimi anni, che potrebbe essere messa in relazione con la chiusura dei pozzi AMPS nel centro storico della città.

Le isolinee di Figura 4, che mette in relazione diretta gli abbassamenti del periodo 1990-1993 con i punti di prelievo idrico dell'AMPS, evidenziano due minimi, corrispondenti al massimo abbassamento nel quadriennio: uno nella zona S della città, in corrispondenza del pozzo n. 34, con 41,40 mm di abbassamento, l'altro a N della ferrovia Milano-Bologna, nell'area del pozzo n. 23, dove si raggiungono 44,70 mm di abbassamento nell'arco di quattro anni.

La minore variazione di quota è stata registrata a E (pozzo n. 26) con 21,70 mm di abbassamento in 4 anni.

Le variazioni delle velocità di abbassamento annuo dei caposaldi nelle successive misure (Tab. 2 e Figg. 2 e 3), potrebbero essere messe in relazione con la variabilità litologica verticale e orizzontale della coltre quaternaria e con il diverso comportamento delle classi granulometriche, dalle argille alle ghiaie, nei confronti dei fenomeni di consolidamento naturali e/o indotti dalle ricariche e dagli emungimenti, a loro volta soggetti a sensibili variazioni nell'arco dell'anno e per anni successivi.

Le ricerche in atto per quantificare e correlare queste informazioni non sono ancora trasferibili su un piano tecnico-applicativo, in quanto il sottosuolo alluvionale non è conosciuto a sufficienza nei dettagli litostratigrafici e idrogeologici, né sono noti i quantitativi idrici globali estratti dai vari utenti (Petrucci *et al.*, 1992).

Allo stato attuale delle ricerche è possibile constatare come lo sfruttamento idrico intensivo ed estensivo della pianura di Parma, abbia raggiunto i limiti delle potenzialità idrogeologiche del sottosuolo. L'emungimento dell' AMPS, concentrato soprattutto nell'area urbana, è di 29.825.000 m<sup>3</sup> di acqua all' anno (dato del 1989), mentre l'estrazione globale nel territorio comunale, comprendendo le utenze industriali, private e irrigue, è stimata in oltre 107.000.000 m<sup>3</sup>.

Significativo per quanto riguarda le variazioni indotte dagli emungimenti nell'ambiente fisico del sottosuolo alluvionale è l'abbassamento progressivo dei livelli piezometrici in pozzo, che è stato possibile verificare con le serie di rilievi dei livelli statici nei pozzi AMPS, eseguiti almeno due volte l'anno dal 1976 (Tab. 3).

A seguito dei prelievi stagionali gli acquiferi sono soggetti ad abbassamenti di livello estivi, che, in condizioni di sfruttamento equilibrato, dovrebbero ripristinarsi durante il periodo autunno-primavera, prescindendo dalle serie pluriennali siccitose o con piovosità accentuata e ben distribuita nell'arco dell' anno. Le misure eseguite da quasi un ventennio nei pozzi AMPS, mettono in evidenza una ricarica degli acquiferi inferiore ai prelievi, con

Fig. 4 - Abbassamento dell'area urbana nel periodo 1990-1993. Subsidence of the urban area during 1990-1993. Solid lines: contour lines (equidistance: 2 mm) of settlements as measured at the wells mouth. Dots: A.M.P.S. wells.



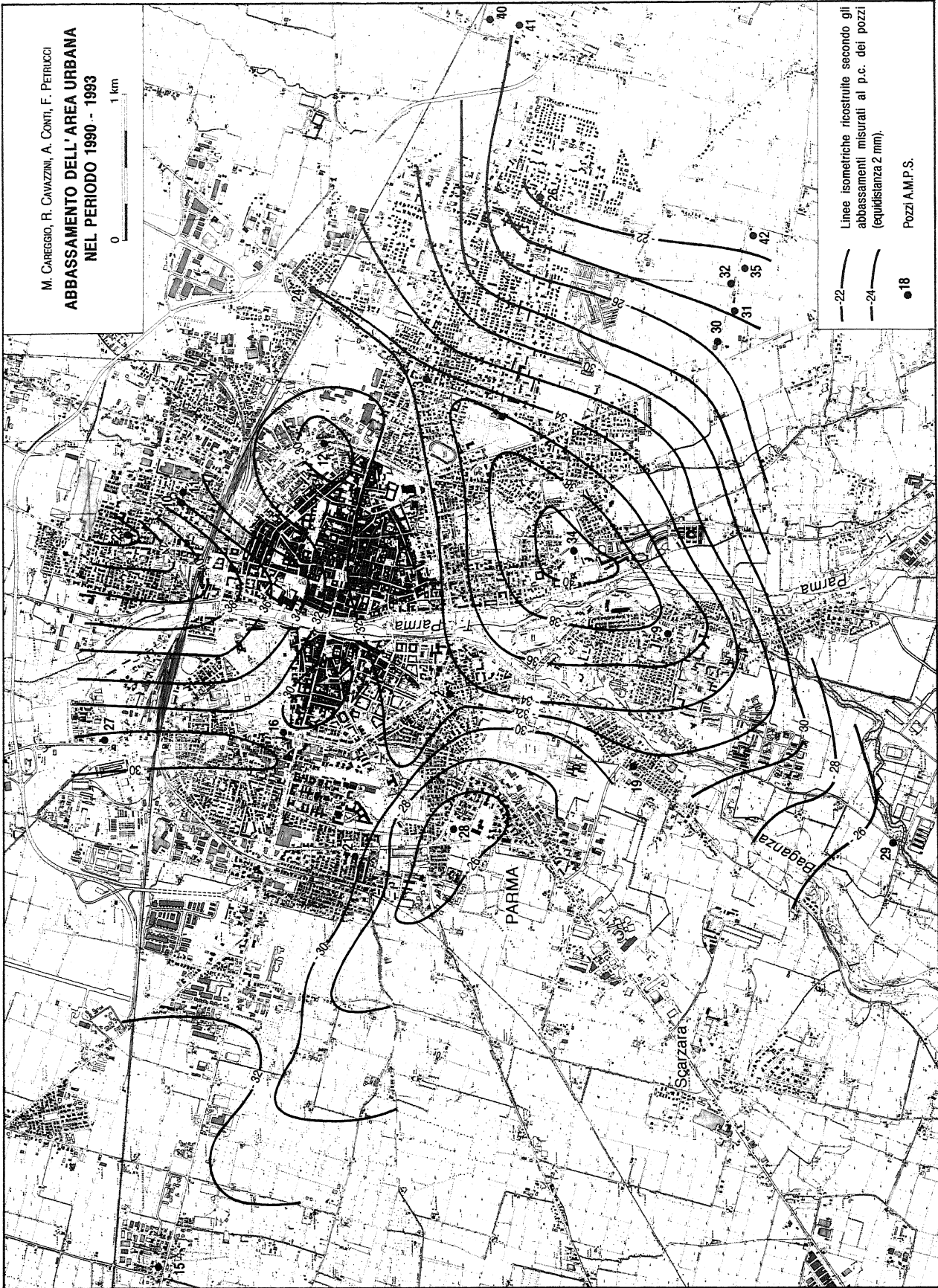


Fig. 4 - The urban area settlement in the period 1990-1993. Contour lines equidistance = 2 mm.

un'abbassamento progressivo di livello che, nei singoli pozzi, può raggiungere l'ordine di diversi metri all'anno.

Questa situazione non può essere tradotta direttamente in termini di sola subsidenza, ma rappresenta un indirizzo di ricerca, che potrà fornire confronti significativi da mettere in relazione con i valori dell'abbassamento del suolo urbano, forniti da serie pluriennali di misure.

## BIBLIOGRAFIA

- Ambrosetti P., Bosi C., Carraro F., Ciaranfi N., Panizza M., Papani G., Vezzani L. & Zanferrari A., 1987 - *Neotectonic map of Italy - Sheet 1*. C.N.R., P. F. Geodinamica, Sottoprogetto Neotettonica.
- Arca S. & Beretta G. P., 1985 - *Prima sintesi geodetica - geologica sui movimenti verticali del suolo nell'Italia Settentrionale (1897 - 1957)*. Boll. Geod. e Sc. affini, **44**(2).
- Arca S. & Cardini A., 1977 - *Analisi degli spostamenti verticali del suolo nella città di Bologna*. Boll. Geod. e Sc. affini, **36**(4).
- Arca S. & Cardini A., 1984 - *Misure di livellazione geometrica nella città di Como per lo studio dei movimenti verticali del suolo*. Boll. Geod. e Sc. affini, **43**(2).
- Balestri L., Magnon G., Mozzi G., Santangelo R. & Zambon G., 1989 - *Movimenti recenti nell'Italia nord-orientale da ripetizioni di livellazioni di precisione (1952-1985)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., Suppl., **1**.
- Carbognin L., Gatto P. & Marabini F., 1986 - *The city and Lagoon of Venice. A guidebook on the environment and land subsidence*. Proc. 3rd Symp. on Land Subsidence, Venice, Italy, 19-25 March, 1984. Edited by Johnson A.I., Carbognin L. & Ubertini L., IHS Publication, **151**.
- Colombetti A., Gelmini R., Pellegrini M., Paltrinieri N. & Zavatti A., 1986 - *Land subsidence in the area of Modena, Po valley, northern Italy*. Proc. 3rd Symp. on Land Subsidence, Venice, Italy, 19-25 March, 1984. Edited by Johnson A.I., Carbognin L. & Ubertini L., IHS Publication, **151**.
- Petrucci F., Careggio M., Cavazzini R. & Rossetti G., 1989 - *Il quadro geologico-ambientale dell'area di espansione urbana della città di Parma*. Mem. Soc. Geol. It., **42**.
- Petrucci F., Careggio M. & Conti A. (a cura di), 1992 - *Le acque nel Comune di Parma*. Grafiche STEP Editrice, Parma.
- Petrucci F. & Tagliavini S. (a cura di), 1991 - *Carta della dinamica fluviale, dei versanti e della pianura alla scala 1:25.000 (Piano territoriale provinciale, Settore Geologia)*. Provincia di Parma - Assessorato alla Pianificazione Territoriale, Eliofofotecnica Barbieri, Parma.
- Pieri L. & Russo P., 1986 - *The survey of soil vertical movements in the region of Bologna*. Proc. 3rd Symp. on Land Subsidence, Venice, Italy, 19-25 March, 1984. Edited by Johnson A.I., Carbognin L. & Ubertini L., IHS Publication, **151**.
- Russo P., 1985 - *Stato delle conoscenze sui movimenti verticali recenti del suolo nella pianura padana e nuovi orientamenti di ricerca*. In: *Stato delle conoscenze geologiche sulla pianura padana*. Litografia artigiana M. & S., Torino.
- Russo P., 1986 - *Results of recent levellings in the region of Modena*. Proc. 3rd Symp. on Land Subsidence, Venice, Italy, 19-25 March, 1984. Edited by Johnson A.I., Carbognin L. & Ubertini L., IHS Publication, **151**.
- Salvioni G., 1957 - *I movimenti del suolo nell'Italia centro-settentrionale*. Boll. Geod. e Sc. affini, **16**(3).

Ms. ricevuto: Giugno 1995  
 Inviato all'A. per la revisione: Novembre 1995  
 Testo definitivo ricevuto: Novembre 1995

Ms. received: June 1995  
 Sent to the A. for a revision: November 1995  
 Final text received: November 1995