



COMUNE DI CASTEL SAN GIORGIO
Provincia di Salerno



PIANO URBANISTICO COMUNALE

(L.R.C.16/2004 - D.G.R.C. 214/2011 - D.G.R.C. 659/2007 - L.R.C. 14/1982 - Reg.R.C. 5/2011)

DOCUMENTI TECNICI

DOC
11

RELAZIONE GEOLOGICA

(già elaborato C.9 del PUC adottato con DGC n.199 del
08.08.2014 - Prot.13914 del 08.08.2014)

SINDACO

Avv. Paola Lanzara

PROGETTAZIONE

Ing. Giuseppe Alfano

CONSULENZA ESTERNA

Ing. Antonio Iovine

Arch. Alessandro Siniscalco

ZONIZZAZIONE ACUSTICA

Ing. Carla Eboli

VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA

Ing. Bartolomeo Sciannimanica

RESPONSABILE UFFICIO VAS

Arch. j. Carmine Russo



UFFICIO DI PIANO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Geom. Mario Zappullo

SUPPORTO AL RUP

Ing. Giuseppe Alfano

Dott. Gerardo Menichini

Avv. Carlo Spinelli

DICEMBRE 2018

COMUNE DI CASTEL SAN GIORGIO (SA)



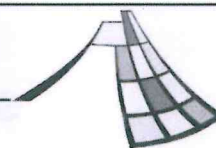
COMUNE DI CASTEL SAN GIORGIO
PROVINCIA DI SALERNO



PIANO URBANISTICO COMUNALE

C

STUDI PER IL SISTEMA DELLE CONOSCENZE



ELABORATO 9

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTISTA
ING. MICHELE PERONE

COMUNE di CASTEL S. GIORGIO
PROVINCIA DI SALERNO

08 AGO. 2014

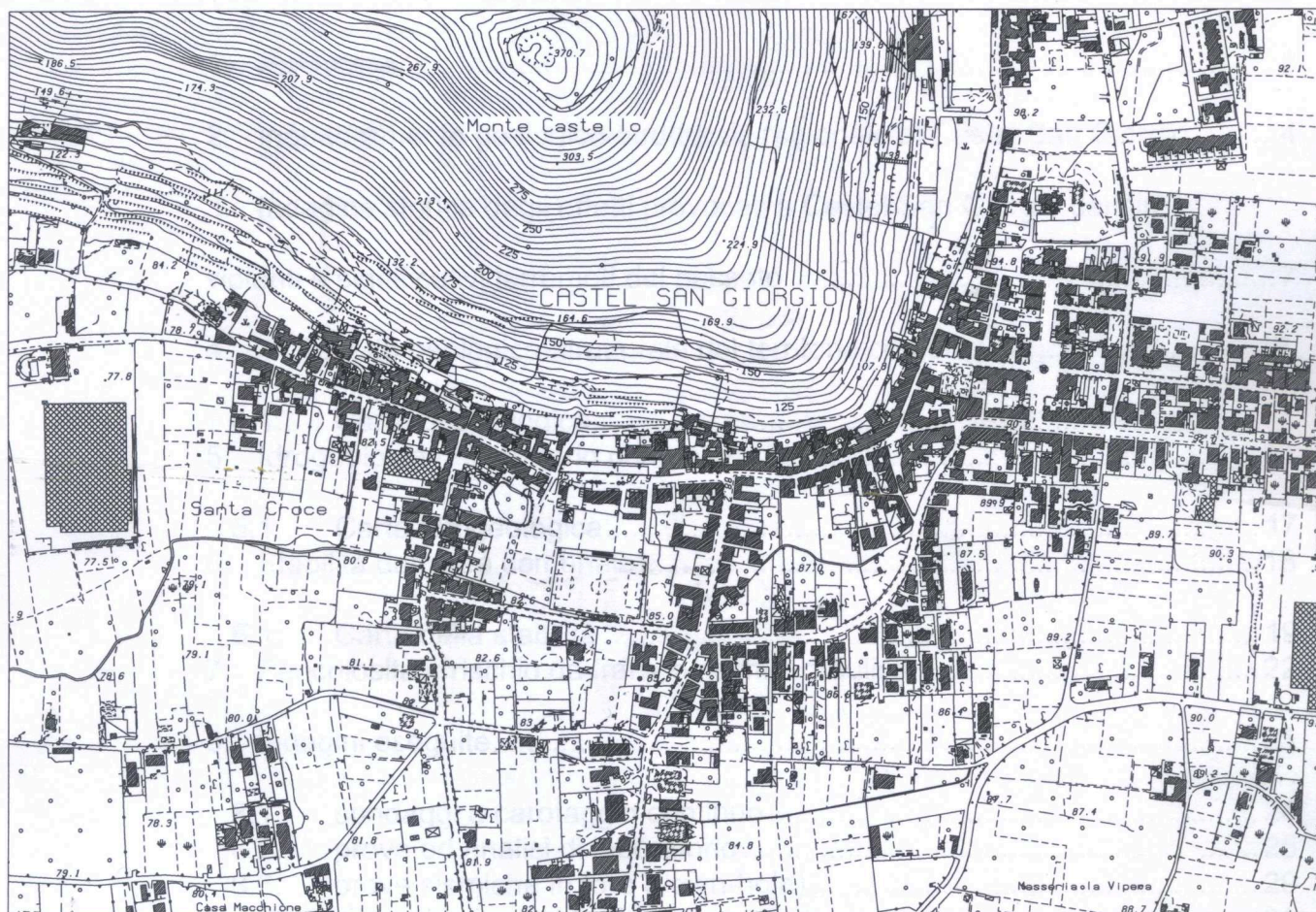
Prot. N. 13914

IL SINDACO
Dott. Francesco Longanello

CONSULENZA SCIENTIFICA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE DELL'UNIVERSITA' DI SALERNO

LUGLIO 2014

COMUNE DI CASTEL SAN GIORGIO (SA)



Piano Urbanistico Comunale

REDATTO AI SENSI DELLA L.R. 16/04

Prot. 3491
del 17/02/2009

Elaborato n.

RELAZIONE GEOLOGICA

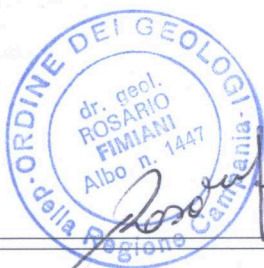
Scala

Gennaio 2009

I GEOLOGI:

DOTT. LEONARDO AULICINO
DOTT. ROSARIO FIMIANI

SETTORE PROGRAMMAZIONE E SVILUPPO
DEL TERRITORIO COMUNALE
R.U.P. E PROGETTISTA DEL P.U.C
ARCH. ANTONIO D'AMICO



IL SINDACO:
DOTT. ANDREA DONATO

A handwritten signature in blue ink, likely of Leonardo Aulicino, over a faint circular stamp.

1. Premessa.....	2
2. Inquadramento geologico-strutturale regionale di Castel San Giorgio.....	4
3. Indagine storica degli effetti provocati a Castel San Giorgio dai più violenti e significativi terremoti del passato.....	7
4. Assetto geologico-strutturale del territorio comunale	10
4.1. Carta geolitologica	11
5. Idrogeologia del territorio comunale.....	14
5.1. Carta idrogeologica.....	17
6. Stabilità dell'area comunale	18
6.1. Carta della stabilità	19
7. Pericolosità e rischio da frane e rischio idraulico	22
8. Indagini eseguite.....	23
8.1. sondaggi a carotaggio continuo	24
8.2. prove ed analisi di laboratorio	25
8.3. prove sismiche in foro (down-hole)	29
9. Zonazione sismica del territorio comunale.....	31
9.1. microzonazione sismica.....	32
9.2. fenomeni di liquefazione	37
10. Conclusioni	38

1. Premessa

Il 24 novembre 2008 il Comune di Castel San Giorgio (SA) ha incaricato gli scriventi, dott. geol. Rosario Fimiani e dott. geol. Leonardo Aulicino, all'adeguamento del PRG in base alle nuove disposizioni legislative e norme attuative inerenti alla "pericolosità" sismica del territorio nazionale e regionale (DGR n° 248 del 24/01/2003, OPCM 3274/03 e seguenti, DM 14/01/2008), richiedendo l'adeguamento e l'aggiornamento delle carte tematiche comunali previste dalla Legge Regionale 9/83, con particolare riguardo alla "carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica".

La "nuova" normativa in funzione di prevenzione antisismica, richiedendo l'aggiornamento dei vecchi strumenti urbanistici in vigore, ha introdotto una nuova "Classificazione" del territorio italiano ed ha introdotto nuovi parametri di riferimento che hanno aumentato i valori dell'Azione sismica attesa in tutto il territorio italiano; in particolare il territorio del Comune di Castel San Giorgio, con la nuova "Classificazione", è stato inserito nella 2° zona.

Il presente studio è stato condotto sulla base delle risultanze geologiche e geofisiche allegate al Piano Regolare Generale vigente, elaborato dai geologi Prof. Ortolani Franco, dott. Gennaro Barba, dott. Enrico Bottiglieri, dott. Gaetano Amato, del quale si riportano alcuni paragrafi nella presente, e sul Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Sarno, redatto dall'Autorità di Bacino del Sarno.

Lo studio per l'adeguamento sismico si è articolato sull'attenta analisi della letteratura tecnica esistente per l'area in oggetto nonché sullo studio delle foto aeree che, verificando le situazioni di criticità a terra (aree di instabilità, etc.), ha consentito di elaborare una corretta campagna di indagini geotecniche e geofisiche volta all'individuazione delle aree a comportamento sismico "omogeneo". Nel dicembre 2008 si sono eseguite ulteriori prospezioni sismiche (MASW) per la determinazione delle Velocità delle Onde Sismiche di Taglio (Vs) nei primi 30 metri di profondità dal piano-campagna.

Le MASW eseguite sono state distribuite sul territorio comunale in modo da poter disporre di un numero di punti sufficienti ad una corretta elaborazione di una carta delle Velocità delle Onde di Taglio. Si sono quindi determinati i parametri sismici medi su scala comunale per verificare i possibili incrementi di amplificazione sismica locale rispetto ai nuovi parametri di accelerazione macrosismica del territorio, indicati nella OPCM 3274/03, già citata.

I risultati delle indagini eseguite nel 2004 (sondaggi a carotaggio continuo, prove ed analisi di laboratorio, sismiche in foro) e delle prospezioni sismiche MASW eseguite nel 2009 sono contenuti in allegato.

I risultati del presente studio si sono concretizzati nell'elaborazione ed aggiornamento delle carte tematiche previste dalla normativa vigente (LR9/83: *carta geolitologica, carta idrogeologica, carta della stabilità, carta della zonazione in prospettiva sismica*).

2. Inquadramento geologico-strutturale regionale di Castel San Giorgio

Visto lo scopo del presente lavoro, si conferma il capitolo sull'inquadramento geologico-strutturale regionale di Castel San Giorgio del precedente P.R.G., (Ortolani, Barba, Bottiglieri, Amato) che si riporta integralmente di seguito:

“La catena appenninica è costituita da terreni di diverso tipo tra cui si possono distinguere terreni rigidi (calcari) e terreni prevalentemente sciolti piroclastici, alluvionali ed argillosi.

I primi consentono all'energia sprigionatasi in seguito alla rottura delle rocce profonde (all'origine dei terremoti) di propagarsi anche a notevole distanza, i secondi determinano invece un rapido smorzamento dell'energia, “salvo fenomeni di amplificazione sismica locale”.

A parità di distanza dal luogo in cui avviene la rottura (ipocentro), in una certa zona, lo scuotimento verrà provocato da una energia maggiore o minore secondo che i terreni che si trovano interposti sono rappresentati da rocce rigide o da terreni sciolti, entrambi di notevole spessore.

L'evoluzione tettonica recente della catena si è manifestata essenzialmente tramite sollevamenti ed abbassamenti di grandi blocchi lungo fasce parallele all'Appennino, con scorrimenti verticali di grandi blocchi lungo faglie principali orientate NW-SE e faglie secondarie orientate SW-NE.

I movimenti si sono fermati prima sul versante tirrenico della catena per cui le grandi faglie che bordano le pianure costiere, come ad esempio quelle che bordano l'Agro nocerino sarnese da Castellammare a Sarno e da Sarno a

Caserta e le faglie che marginano il Golfo di Salerno, sono ormai fossili da almeno 200.000 anni.

I movimenti più recenti si sono manifestati invece nella parte centrale ed orientale della catena dove si riscontrano i principali squilibri di masse profonde.

In particolare si è avuta recentemente (da 700.000 anni circa) la tendenza al sollevamento della fascia di catena compresa tra le alte valli dei fiumi Agri e Melandro, Alto Ofanto e Alto Calore, Benevento ed il Matese Orientale, alto Sele ed il margine orientale dell'Appennino.

Si è avuta quindi una fascia di sollevamento grazie allo scorrimento verticale lungo una serie di faglie immergenti verso il tirreno (lato occidentale) e verso l'Adriatico (lato orientale).

Tale sollevamento si è ormai praticamente esaurito ed è in atto limitatamente.

Lungo le faglie che bordano la fascia in sollevamento si hanno in profondità gli attriti maggiori determinati dalle spinte verticali che tendono a sollevare la fascia stessa.

È proprio lungo queste faglie che in profondità si originano i terremoti più disastrosi per l'Italia Meridionale, come ad esempio gli eventi del 1857 (Val D'Agri), 1561 (Vietri di Potenza – Balvano), 1694-1853 (Irpinia, stessa area del terremoto del 1980), 1688 (Benevento – Pietraroia), 1805 (Boiano – Isernia) 1851 (Vulture), 1930 (Alta Irpina) 1962 (Ariano irpino).

Rispetto a Castel San Giorgio le strutture sismogenetiche sono ubicate quindi ad alcune decine di Km di distanza in direzione N, NE e E.

Dr. geologo Leonardo Aulicino
Dr. geologo Rosario Fimiani

Le più pericolose inoltre sono quelle presenti lungo il bordo occidentale della fascia instabile ed in particolare quelle della fascia che dalle alte valli dei fiumi Agri, Meandro, Sele, Ofanto, e Calore, attraverso la zona di Benevento giungono fino al Matese orientale nell'area di Boiano ed Isernia.”

3. Indagine storica degli effetti provocati a Castel San Giorgio dai più violenti e significativi terremoti del passato

Dalla verifica bibliografica compiuta sugli eventi sismici particolarmente significativi avvertiti nell'area di Castel San Giorgio non sono emersi significativi eventi oltre a quelli già citati nel PRG del 1983. Pertanto, di seguito, si riportano gli eventi contenuti nello studio precedente: “ *le strutture sismogenetiche più vicine, e quindi più pericolose per il territorio di Castel San Giorgio, sono quelle che si trovano lungo l'allineamento Boiano – Isernia – Benevento – Lioni – Santomenna – Balvano.*

I terremoti più significativi che vengono presi in esame sono quelli dal 1688, 1694 e del 1857.

I terremoti più violenti e significativi della struttura sismogenetica più distante da Castel San Giorgio (Vulture-Ariano Irpino) sono quelli del 1851, 1930 e 1962. Tali strutture hanno generato anche altri terremoti distruttivi, antecedenti al periodo considerato ma per i quali non si hanno dati sufficientemente attendibili.

Vengono consultati alcuni testi di recente pubblicazioni a cura del C.N.E.N.

Il terremoto del 1688 ebbe un intensità del X-XI grado della scala Mercalli nell'area epicentrale, che fu individuata tra la zona di Benevento ed il Matese Orientale.

Per questo terremoto non si hanno notizie storiche dirette degli effetti avutisi a Castel San Giorgio. Dall'analisi dei danni nelle zone vicine, come a Salerno

dove ci furono solo lievi danni ed a Cava dei Tirreni dove ci furono danni circoscritti ad alcune aree, si evince che la forza del terremoto del 1688 nella zona di Castel San Giorgio fu leggermente inferiore rispetto a quella del sisma del 1694 e del 1980.

Il terremoto del 1694 ebbe un'area epicentrale quasi identica a quella del 1980 e fu di intensità uguale.

Non si trovano riferimenti storici diretti circa gli effetti determinati a Castel San Giorgio, ma analizzando gli effetti avutisi in tutti i centri delle aree circostanti si evince che nella zona la forza di quel terremoto fu praticamente identica a quella registratasi con l'evento del 1980.

I riferimenti storici sugli effetti nella zona vicina di Lancusi, Penta Antessano, Pizzolano, Copernico, Ciorani, Oscato mettono in evidenza che le abitazioni furono generalmente danneggiate e risultarono notevolmente lesionate mentre a Lancusi ci fu anche la morte di due ragazzi.

Nel terremoto del 1851 l'area epicentrale fu riconosciuta nella zona del Vulture ed in base ai riferimenti storici ad Avellino 'fu sentita la scossa' mentre a Napoli 'la scossa ha fermato un orologio dell'Osservatorio astronomico'. Si evince, quindi, che anche nella zona di Castel San Giorgio fu certamente avvertita la scossa senza danni.

L'area epicentrale del terremoto del 1857 fu individuata nella zona dell'alta Val d'Agri e nel Vallo di Diano; i riferimenti diretti indicano che a Castel San Giorgio si ebbero 'considerevoli danni alle case ed alle chiese'. Analizzando gli effetti registratisi anche in centri abitati vicini, come ad esempio Pagani,

Salerno, Cava dei Tirreni, Nocera, si evince che comunque la forza del terremoto fu maggiore di quella del 1688 e meno intensa di quella del 1694.

Nel terremoto del 1930 l'area epicentrale fu individuata nella zona dell'Alta Irpina e della Baronia ed in base ai riferimenti per le zone circostanti, Mercato San Severino Baronissi, Salerno, Nocera, Cava dei Tirreni, l'intensità del terremoto è valutabile in loco di intensità poco inferiore a quella dei sismi del 1980 e 1694.

Il terremoto del 1962, con area epicentrale tra Grottaminarda, Ariano Irpino e S. Giorgio la Molara, ebbe un'intensità del IX grado della scala Mercalli e fu chiaramente avvertito nella zona senza arrecare danni.

Il quadro geologico strutturale e sismico ricostruiti mettono in evidenza che la forza massima dei terremoti registrata nel passato ed attendibile in futuro è pari a quella avutasi a Castel San Giorgio con i terremoti del 1694 e 1980" (Vi grado scala Mercalli).

4. Assetto geologico-strutturale del territorio comunale

Il territorio comunale di Castel San Giorgio è situato in un'area sub-pianeggiante compresa nella zona di contatto tra i rilievi carbonatici dei Monti Lattari a Sud, i Monti di Sarno e di Avella a Nord ed a Nord-Ovest ed i Monti Picentini Occidentali ad Est.

La morfologia del territorio comunale è dominata dalla piana della bassa Valle Solofrana, di origine tettonica, che ha un andamento Est-Ovest dalla zona di Codola sino all'abitato di Fisciano ed è intersecata dalla Piana di Siano, con direzione Nord-Sud. La piana è bordata dai rilievi di Monte Torre del Gatto (612 mslm) e Monte di Torello a Nord (429 mslm), dal Monte di Poggio Caviglia (623 mslm) a Nord-Est e dal Monte Caruso (763 mslm) a Sud.

I rilievi carbonatici sono costituiti da calcari e calcari dolomitici di età variabile dal Giura-Lias, verso il bordo meridionale delle strutture, e di età Cretacica verso Nord.

Lo spessore delle rocce carbonatiche, appartenenti alla piattaforma campano-lucana, è stimabile intorno a 2000-3000 metri.

La valle del Torrente Solofrana è impostata su faglie ad andamento Est-Ovest ed è intersecata da valli secondarie impostate su faglie ad andamento Nord-Sud (valle di Siano). Nell'area esistono evidenze anche di un altro sistema di faglie ad andamento appenninico (NW-SE) ed antiappenninico (NE-SW).

I terreni della bassa Valle Solofrana e della Valle di Siano sono costituiti da depositi alluvionali (limi argillosi, limi e limi sabbiosi, sabbie ghiaiose), da depositi piroclastici sciolti (limi, limi sabbiosi, sabbie limose e livelli di pomici), da tufi litoidi e semilitoidi (ignimbrite campana) e da detriti di natura calcarea ai bordi delle strutture carbonatiche, poggianti su rocce carbonatiche.

Lo spessore dei depositi piroclastico-alluvionali è funzione dell'articolata evoluzione tettonica locale e variano da poche decine di metri, nelle zone di Codola ad Ovest e nello stretto di Valle di Mercato San Severino, sino ad alcune centinaia di metri, nella zona in corrispondenza dell'abitato di Fimiani, al centro della bassa Valle Solofrana.

4.1. Carta geolitologica

La carta geolitologica è stata elaborata alla scala 1:5.000 e si sono evidenziati, con campiture a diversa colorazione, le formazioni affioranti sul territorio comunale.

Per gli affioramenti della serie calcareo-dolomitica, costituita da calcari, calcari dolomitici e dolomie, cartografati nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 con 3 formazioni distinte in funzione dell'età dei depositi (Giura-Lias L ; G_{s-m} - Cretacico C^{5-1}), si è utilizzata un'unica campitura, per l'omogeneità delle loro caratteristiche geologico-tecniche.

Gli affioramenti calcarei costituiscono l'ossatura montuosa del Comune di Castel San Giorgio e ricoprono un'area di circa il 40% dell'intero territorio comunale.

La successione calcarea mostra una giacitura generalmente costante che immerge verso i quadranti settentrionali. Si osservano, infatti, con chiarezza le testate di strato lungo i versanti meridionali delle varie strutture (M.te Castello, M.te Torre del Gatto, Santa Maria a Castello, Poggio Caviglia).

Scarso è il detrito di falda ai piedi dei versanti calcarei che è stato rilevato soltanto alla base delle alture dei Monti di Torello.

Stratigraficamente a copertura delle rocce calcaree si individuano delle argille e dei limi sabbiosi, non affioranti, che sono seguite dalla successione piroclastica costituita dai tufi grigi litoidi alla base (ignimbrite campana *ti*) e da piroclastiti sciolte rimaneggiate in sommità (*ti*), di età pleistocenica.

Le piroclastici affiorano estesamente nel pianoro di Paterno ed in quello di Torello. Costituiscono anche la copertura delle alture di Campomanfoli ed Aiello e dei versanti settentrionali del Monte Castello, con spessore di alcuni metri.

Dalle perforazioni effettuate nelle Valli della bassa Solofrana e di Siano si individuano con continuità ampi spessori di depositi piroclastici rimaneggiati a copertura del tufo litoide e semi-litoide (vedi anche sezioni allegate).

A copertura dei depositi piroclastici in situ si rinvencono delle piroclastiti rimaneggiate (limi sabbiosi, sabbie limose, etc.) frammiste a depositi alluvionali di età pleistocenica ed olocenica (sabbie limose, limi sabbiosi, sabbie ghiaiose), che affiorano estesamente su tutta la piana della bassa Solofrana e della Valle di Siano.

Dr. geologo Leonardo Aulicino
Dr. geologo Rosario Fimiani

Le aree pianeggianti e subpianeggianti ricoprono circa il 60% del territorio comunale e bordano i rilievi montuosi costituiti dalle rocce calcaree con contatti di tipo tettonico.

5. Idrogeologia del territorio comunale

Il territorio del Comune di Castel San Giorgio è costituito da 2 acquiferi idrogeologici distinti:

- acquifero detritico-piroclastico-alluvionale;
- acquifero carbonatico.

L'acquifero detritico-piroclastico-alluvionale è formato dai depositi che riempiono le depressioni tettoniche costituite dalla bassa Valle della Solofrana e dalla Valle di Siano. E' costituito da alternanze di piroclastiti limose, limo-sabbiose, lenti di pomici, livelli sabbiosi e sabbio-ghiaiosi, etc. La loro permeabilità è essenzialmente per porosità, ad eccezione dei termini tufacei che sono caratterizzati essenzialmente da permeabilità per fratturazione. Il grado di permeabilità è variabile in funzione della granulometria dei terreni e può mostrare significative variazioni sia in senso orizzontale che verticale per la notevole eterogeneità granulometrica.

La circolazione idrica avviene in rete per falde sovrapposte che sono alimentate sia superficialmente dalle acque meteoriche sia dal Torrente Solofrana, in maniera ridotta, e sia dai travasi sotterranei dei massicci carbonatici (ad Est dalla falda di M. Garofano, a Nord e Nord-ovest dalla dorsale dei monti di Forino ed Esca ed a Sud dai monti di Salerno).

La superficie piezometrica segue la morfologia: da N verso S fino in prossimità dell'abitato di Castel San Giorgio e da E verso W lungo il percorso del Torrente Solofrana (vedi tav.n°3), ad una profondità comunque di varie

decine di metri dal piano-campagna. Gli interscambi con la falda di base nell'acquifero carbonatico, generalmente tamponata da terreni argillosi ed argillo-limosi alluvionali, possono avvenire dove i terreni della copertura sono caratterizzati da una granulometria più grossolana ed hanno una permeabilità per porosità da medio ad alta.

L'acquifero carbonatico presente nella piana della bassa Valle Solofrana si trova a profondità variabili da poche decine di metri, nelle zone di Codola ad Ovest e nello stretto di Valle di Mercato San Severino, sino ad alcune centinaia di metri, nella zona in corrispondenza dell'abitato di Fimiani, al centro della piana. La sua permeabilità è alta per fratturazione ed è alimentato dai rilievi calcarei che bordano la piana stessa; la direzione di deflusso idrico va da Est verso Ovest ed alimenta il fronte sorgivo di Sarno (sorgenti di Santa Maria di Lavorate e San Mauro). La falda è di tipo libero nelle aree che bordano la piana ed è di tipo confinato alla base della stessa, dove gli orizzonti della copertura piroclastico-alluvionale, nei termini a granulometria più sottile, la tamponano. Numerosi sono i pozzi che raggiungono il substrato calcareo ed il cui livello statico risale anche per varie decine di metri.

Di seguito si riportano alcune misure del livello idrico statico effettuate in alcuni pozzi nel territorio comunale (da Celico, 1995):

Località	Profondità pozzo (metri p.c.)	Acquifero	Profondità livello statico (metri p.c.)
S.M. Favore	186	Carbonatico	46
Torello	238	Carbonatico	121
Autostrada	190	Carbonatico	48
S.Croce	300	Carbonatico	102
Stazione	115	Carbonatico	32
Cimitero	90	Piroclastico	28
S.M. Favore	120	Detritico	27
S.M. Favore	103	Carbonatico	23
Calispa	110	Detritico	
Cortedomini	90	Carbonatico	
Calcara	200	Carbonatico	

5.1. Carta idrogeologica

La carta idrogeologica è stata elaborata alla scala 1:5.000 e si sono evidenziati, con campiture a diversa colorazione, i 2 acquiferi presenti nell'area.

L'acquifero calcareo-dolomitico coincide con i termini rocciosi della serie calcareo-dolomitica che dal Giura-Lias giungono al Cretacico, permeabili per fratturazione.

L'acquifero detritico-piroclastico-alluvionale coincide con i terreni che riempiono la bassa Valle della Solofrana e la Valle di Siano e ricopre oltre il 50% del territorio comunale.

Nella carta si è evidenziata la direzione di deflusso della falda idrica sotterranea e la sua quota rispetto al livello del mare.

Nella carta si sono indicati, inoltre, i bacini di raccolta dell'acqua pluviali presenti sul territorio comunale.

6. Stabilità dell'area comunale

Il territorio comunale è costituito da 2 ambiti geomorfologici distinti: le aree subpianeggianti della bassa Valle Solofrana e della Valle di Siano, dove sono concentrati i centri abitati, e le aree montuose che bordano tali pianure e che mostrano pendenze accentuate e tipiche dei rilievi calcarei appenninici.

Le zone di pianura sono nel complesso stabili e non si evidenziano fenomeni di instabilità in atto o potenziali.

Le zone montuose sono invece caratterizzate da fenomeni di instabilità costituiti essenzialmente da frane di crollo che avvengono lungo i versanti meridionali delle strutture montuose dell'area, particolarmente acclivi, con rotolio di massi di diversa dimensione che possono acquistare velocità in funzione della pendenza del versante, dell'altezza della zona di distacco e degli ostacoli che incontrano durante il percorso (vegetazione, etc.). Tali episodi franosi possono rivestire notevole importanza nelle aree di raccordo tra le zone di pianura ed i versanti, in corrispondenza dei centri abitati o di singole residenze. Le aree del territorio comunale maggiormente esposte a tale rischio sono quelle ubicate alla base dei pendii calcarei in località Trivio, Casalnuovo, Santa Croce e nel centro storico dell'abitato di Castel San Giorgio.

Nella bassa Valle di Siano, in prossimità delle località di Torello ad Ovest e di Campomanfoli ed Aiello ad Est, i versanti calcarei sono ricoperti da una coltre piroclastica sciolta di modesto spessore (non superiore a qualche metro) che, in corrispondenza di fenomeni meteorici di particolare intensità,

può essere interessata da episodi di colata. Le colate possono assumere particolare gravità in corrispondenza dei centri abitati o di case singole sul loro percorso.

Causa predisponente dei fenomeni di colata è l'erosione diffusa che interessa i terreni sciolti superficiali dove le pendenze supera il 10-15%. A consentire tale fenomeno è la mancanza di copertura vegetale che costituirebbe un buon ostacolo all'opera di disgregazione compiuta dagli agenti atmosferici (vento, pioggia, etc.).

6.1. Carta della stabilità

La carta della stabilità è stata elaborata alla scala 1:5.000 e si sono evidenziati, con campiture a diversa colorazione, le aree con diverso grado di stabilità (5 classi).

Nella redazione della carta si è tenuto conto della litologia, della giacitura degli strati, della pendenza, dello spessore dei depositi sciolti di copertura, delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni, dei dissesti attivi e potenziali. L'incrocio e la sovrapposizione di questi parametri ha permesso di suddividere il territorio nelle cinque classi di stabilità individuate.

Le aree pianeggianti o subpianeggianti, costituenti le Valli della bassa Solofrana e di Siano, vista l'assenza di dissesti in atto o potenziali, sono state definite *“aree stabili pianeggianti e subpianeggianti su terreni alluvionali-detritico-piroclastici”* e ricoprono circa il 50% del territorio comunale.

Le aree a pendenza inferiore al 6 % in sommità o in cresta dei rilievi calcarei sono state definite *“aree stabili su roccia coerente stratificata”*.

I versanti meridionali delle strutture carbonatiche affacciantisi sulle valli della bassa Solofrana e di Siano, con pendenza superiore al 40%, sono costituiti da strati a franapoggio con copertura arborea scarsa o assente. Su di essi si osservano, infatti, le testate di strato ed è evidente possibilità del distacco di blocchi lungo il pendio. Tale rischio è maggiore ove la pendenza è più elevata.

Sui versanti delle alture che sovrastano l'abitato di Torello (pendenze intorno al 30-35%) si osserva la presenza di una copertura piroclastica di spessore inferiore a 0,5 metri ed alcune profonde incisioni (Torrente Calcare). Su di essi sono evidenti sia i fenomeni di erosione superficiale areale che quelli di incisione lungo le aste torrentizie.

Le aree che presentano fenomeni di instabilità in atto o potenziale più evidenti sono quelle costituite dai versanti calcarei sui quali è presente una copertura piroclastica sciolta, con spessore superiore a 0.5 metri e con scarsa o assente copertura arborea, che “protegge” i versanti sia in modo passivo dai fenomeni meteorici, impedendo il “martellamento” delle gocce di pioggia, sia attivo, con gli apparati radicali che “trattengono” porzioni di suolo. Tali fenomeni sono particolarmente evidenti lungo i monti della Valle di Siano, in corrispondenza degli abitati di Aiello e Campomanfoli, dove si osservano delle profonde incisioni sul pendio, a testimonianza di fenomeni erosivi particolarmente pronunciati.

Viste le pendenze e la tipologia dei terreni presenti (piroclastiti sciolte), nel pianoro di Paterno sono possibili fenomeni di instabilità della coltre di copertura, ove lo spessore dei depositi piroclastici è superiore a 0.5 metri, innescando fenomeni di colata.

7. Pericolosità e rischio da frane e rischio idraulico

Identificate le tipologie di franamento nel territorio comunale, essenzialmente frane da crollo lungo le pendici dei versanti calcarei e colate nei materiali piroclastici alla base dei pendii, e le zone ove esiste la possibilità che tali fenomeni avvengano, appare consequenziale poter stabilire quali siano le aree del territorio comunale che presentano il maggior coefficiente di rischio. Infatti, sovrapponendo le basi cartografiche relative alle aree caratterizzate da potenziali fenomeni di instabilità con le carte relative alle aree abitate ed ai manufatti di particolare importanza, si identificano le zone a maggior/minor rischio (prodotto tra la probabilità del verificarsi di un evento ed il danno arrecato).

Le carte relative alla pericolosità ed al rischio da frane elaborate dall'Autorità di Bacino del Sarno, oltre alla carta delle fasce fluviali e del rischio idraulico, sono state redatte durante il Piano Stralcio ed hanno interessato tutto il territorio comunale. Gli elaborati cartografici prodotti costituiscono un primo approccio sulla difesa del territorio in ambito di bacino e vanno ritenute come basi per l'elaborazione di strategie di sviluppo in ambito territoriale, rispettandone, ovviamente i principi e le prescrizioni conseguenti.

Il contenuto degli elaborati citati (pericolosità e rischio da frane e delle fasce fluviali e del rischio idraulico) in scala 1:5.000, alla luce dei riscontri sul territorio è da considerarsi condivisibile su scala comunale.

8. Indagini eseguite

Per l'adeguamento sismico del Piano Regolatore Comunale e l'elaborazione del Piano Urbanistico Comunale, dopo aver analizzato i dati geotecnici e geofisici reperibili in letteratura, si è proceduto ad individuare le aree ove eseguire i sondaggi geognostici a carotaggio continuo e le prove sismiche in foro (2004) e le prospezione sismiche MASW (2009).

La campagna di indagini ha avuto lo scopo di determinare, con l'ausilio dei dati tecnici reperibili in letteratura, i parametri dinamici e geotecnici medi dei terreni della piana piroclastica-alluvionale, permettendo la caratterizzazione sismica di aree omogenee del territorio comunale ed effettuarne la "zonazione" in prospettiva sismica.

Le indagini si sono articolate nell'esecuzione di 10 sondaggi a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di 32 metri dal piano-campagna, durante i quali sono stati prelevati 14 campioni indisturbati di terreno, sottoposti a prove ed analisi geotecniche di laboratorio (proprietà indice, analisi granulometrica, prove di taglio, prove edometriche). Nel corso dei sondaggi si sono, inoltre, eseguite 21 prove penetrometriche dinamiche (SPT).

Le perforazioni effettuate sono state condizionate con tubazioni in PVC di 80 mm diametro, adeguatamente cementate, per l'esecuzione di 6 prove sismiche in foro, volte alla determinazione delle proprietà dinamiche dei terreni (velocità delle onde compressionali P e delle onde di taglio S).

Le indagini sono state effettuate dalla ditta PLP group srl di Baronissi (SA) e sono allegate alla presente.

Nel dicembre 2009 si sono eseguite 6 prospezioni sismiche MASW, per la determinazione della velocità delle onde di Taglio (Vs) nei primi 30 metri di profondità, la cui esecuzione si è resa necessaria per poter avere un numero sufficiente di dati per l'elaborazione della carta delle "onde Vs" fino a 30 metri di profondità, che coincide con la carta dei "Fattori di Incremento di Amplificazione Sismica". Tale elaborato tematico corrisponde alla "carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica".

L'ubicazione delle perforazioni e delle prove sismiche eseguite sono contenute nell'allegato n°1 che riporta anche i son daggi geognostici effettuati durante il precedente studio per il Piano Regolatore Generale del 1982.

8.1. sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi sono stati eseguiti con la tecnica del carotaggio continuo e sono stati spinti a profondità variabili da 20 a 32 metri dal piano-campagna. Si è cercato di distribuire le perforazioni in ambito comunale in maniera omogenea, coprendo le varie zone del territorio e cercando di attraversare i vari termini litologici presenti nel sottosuolo dell'area, per una loro corretta caratterizzazione geofisica-geotecnica.

I sondaggi effettuati confermano le risultanze del vecchio piano regolatore individuando generalmente una copertura costituita una coltre di depositi alluvionali (sabbie, limi sabbiosi e sabbie ghiaiose) e di materiali piroclastici sciolti, generalmente rimaneggiati, poggianti sul tufo litoide e semilitoide (ignimbrite campana) presente nel sottosuolo a varie profondità. La

profondità di rinvenimento del tufo aumenta con la distanza dai versanti calcarei che bordano la piana piroclastica-alluvionale.

Le stratigrafie dei sondaggi eseguiti sono contenute in allegato.

8.2. prove ed analisi di laboratorio

Sui campioni indisturbati prelevati si sono eseguite le seguenti prove ed analisi geotecniche di laboratorio:

- determinazione delle caratteristiche fisiche generali (peso di volume, contenuto d'acqua, peso dei granuli, densità secca, porosità, grado di saturazione);
- determinazione della curva granulometrica, e relativa classificazione del campione, mediante setacciatura e aerometria;
- prova di compressione edometrica con calcolo dei moduli edometrici;
- prova di taglio diretto, consolidata e drenata, con apparecchio di Casagrande con calcolo della coesione e dell'angolo d'attrito interno;
- prova di compressione ad espansione laterale libera su di un campione di tufo litoide;

Di seguito si riportano in tabella i parametri geotecnici determinati nel corso della presente campagna, uniti ai dati relativi alle prove ed analisi geotecniche eseguite nel corso dei lavori per il PRG comunale del 1982.

In allegato sono contenuti tutti i grafici delle prove ed analisi eseguite

Leonardo Aulicino
Rosario Fimiani
geologi

sondaggio	profondità	peso di volume	peso dei granuli	contenuto d'acqua	densità secca	porosità	indice dei vuoti	grado di saturazione	angolo d'attrito	coesione	Modulo edometrico (100-200 Kpa)
n	m.p.c.	gr/cm3	gr/cm3	%	gr/cm3	%	-	%	gradi	Kpa	Mpa
NS1	4,0	1,59	2,58	37,23	1,16	55,01	1,22	78,56	28,37	3,66	4,72
NS2	4,0	1,70	2,60	51,78	1,12	56,96	1,32	101,74	26,1	5,13	5,68
NS3	3,5	1,81	2,64	38,95	1,30	50,78	1,03	99,67	25,64	7,00	4,63
NS4	4,5	1,76	2,63	40,85	0,25	52,67	1,11	96,94			7,35
NS4	10,5	1,39	2,39	2,23	1,36	43,15	0,76	7,02			
NS5	14,5	1,62	2,63	44,59	1,12	57,29	1,34	87,43	28,37	6,20	4,90
NS6	4,5	1,55	2,64	48,51	1,04	60,49	1,53	83,64			
NS6	7,0	1,61	2,62	48,45	1,08	58,67	1,42	89,44	27,47	4,73	6,10
NS7	4,0	1,59	2,62	62,18	0,98	62,69	1,68	96,98			
NS7	15,0	1,80	2,59	40,16	1,28	50,42	1,02	102,30	30,54	3,23	7,14
NS7	18,0	1,61	2,52	16,89	1,37	45,49	0,83	51,00	33,02	3,63	8,62
NS8	3,5	1,73	2,62	40,05	1,24	52,72	1,12	94,09			
NS10	16,2	2,24	2,70	8,45	2,06	23,56	0,31	74,01	36,13	3,27	
NS10	24,0	1,61	2,49	18,51	1,35	45,59	0,84	55,01			
S2	3,2	1,700	2,620	43,63	1,180	54,96		94,0			
S3	4,2	1,602	2,720	22,02	1,312	52,61		54,0	38	9,81	11,49
S6	6,5	1,582	2,627	36,07	1,160	55,75		75,0	35	0,00	6,70
S7	3,5	1,581	2,698	41,72	1,116	64,28		62,0	23		
S7	4,7	1,652	2,695	32,19	1,249	53,64		75,0			
S7	5,0	1,415	2,650	67,25	0,850	68,05		84,0			
S7	7,0	1,762	2,613	38,81	1,269	51,46		96,0			
S7	8,0	1,770	2,644	35,71	1,310	50,49		93,0			
S7	9,5	1,460	2,528	72,98	0,844	66,56		93,0			
S7	11,5	1,657	2,746	52,19	1,089	60,35		94,0	29		
S10	2,5	1,616	2,822	46,57	1,100	50,49		100,0			
S10	8,0	1,554	2,623	39,24	1,116	57,45		76,0			
S13	11,5	1,644	2,637	19,81	1,176	57,63		76,0	27	21,57	10,65
S14	4,0	1,624	2,602	30,11	1,248	51,92		72,0	34	14,71	
S16	2,5	1,609	2,704	44,62	1,610	60,00		75,0	29	16,67	9,29
S19	3,0	1,672	2,208	44,46	1,157	47,59		108,1			
S20	4,0	1,584	2,516	56,63	1,011	60,78		91,0	32	20,59	10,97

Leonardo Aulicino
Rosario Fimiani
geologi

sondaggio	profondità	peso di volume	peso dei granuli	contenuto d'acqua	densità secca	porosità	indice dei vuoti	grado di saturazione	angolo d'attrito	coesione	Modulo edometrico (100-200 Kpa)
n	m.p.c.	gr/cm3	gr/cm3	%	gr/cm3	%	-	%	gradi	Kpa	Mpa
S23	7,0	1,795	2,723	30,69	1,373	49,57		85,0			
S23	10,0	1,395	2,711	27,35	1,035	61,80		40,0	35	4,90	
S24	4,8	1,645	2,674	32,94	1,237	54,36		74,0	25	19,60	10,00
S28	5,7	1,663	2,591	29,25	1,286	50,35		75,0	34	21,57	6,07
S29	3,0	1,675	2,667	32,92	1,260	64,29		48,0	35	4,90	5,14
S30	3,0	1,747	2,638	32,35	1,320	50,49		83,0	35	0,00	4,37
S33	3,0	1,707	2,742	32,78	1,285	58,48		78,0	35	28,44	9,14
S36	6,5	1,674	2,639	51,00	1,108	58,00		97,0			
S38	3,5	1,542	2,783	51,69	1,016	64,02		80,0	36	0,00	2,69
S39	7,5	1,502	2,707	61,37	0,931	66,32		84,0	29	13,73	5,11
S40	3,0	1,649	2,732	28,98	1,278	58,50		56,0	29	15,69	4,91
S41	4,7	1,587	2,705	65,25	0,960	64,50		97,0			
S42	5,0	1,788	2,721	22,19	1,463	46,21		70,0	31	4,90	
S44	4,3	1,710	2,752	16,75	1,416	46,52		53,0	39	0,00	
S46	3,5	1,548	2,775	59,06	0,973	64,15		88,0	27	19,60	3,36
S47	3,0	1,593	2,735	42,18	1,120	59,03		80,0	22	22,55	
S56	3,0	1,696	2,615	39,45	1,216	54,13		87,0	34	20,59	6,32
S57	4,0	1,822	2,662	24,92	1,458	45,50		79,0	44	15,69	11,23
S58	3,0	1,789	2,673	36,29	1,813	50,88		93,0	40	19,61	7,03
S59	3,0	1,566	2,429	41,69	1,105	59,81		68,0	35	11,77	3,88
S60	3,5	1,607	2,709	55,93	1,030	61,96		93,0	30	15,69	4,53
S61	3,0	1,668	2,582	37,64	1,212	53,07		86,0	40	0,00	5,67
S62	3,0	1,641	2,621	39,98	1,172	56,86		79,0	42	0,00	6,03
S63	4,5	1,408	2,518	76,52	0,797	68,32		89,0	30	17,65	3,48

8.3. prove sismiche in foro (down-hole)

Le prove sono state eseguite con un sismografo 12 canali della Geometrics, utilizzando un geofono da pozzo a 5 componenti (1 verticale e 4 orizzontali).

L'energizzazione è stata effettuata con mazza battente da 8 kg su di una piastra metallica infissa a 45° nel terreno, per consentire di generare onde di taglio (onde S) con sufficiente energia da renderle individuabili in fase di interpretazione dei dati.

Le energizzazioni sono state effettuate ogni 2 metri di profondità dal piano-campagna, rilevando i tempi di arrivo del treno di onde generato dalla mazza battente con registrazione su supporto informatico.

In fase di interpretazione si sono individuate le velocità intervallo ogni 2 metri di profondità, sia per le onde compressionali (onde P) che per le onde di taglio (onde S).

I tempi di arrivo delle onde compressionali e di taglio generati, normalizzati sulla verticale del perforo, le curve profondità-tempi di arrivo e le velocità-intervallo sono contenuti in allegato alla presente ("indagini geognostiche, di laboratorio e sismica").

8.4. prove sismiche MASW

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo nelle aree oggetto di indagine, sono state eseguite n. 6 prospezioni sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), con stendimenti geofonici di 35m.

Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali.

Come sorgente sismica si è utilizzato un maglio dal peso di 6kg , battente su una piastra circolare in alluminio. Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz , posto in prossimità della piastra.

Quando la battuta sulla superficie della piastra non è risultata netta o è stata colpita due volte erroneamente, la prova è stata ripetuta.

Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset e spacing di 1.25m (Fig. 14). La lunghezza complessiva di ogni stendimento geofonico è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni nei siti prescelti fino alla profondità di 35m dal p.c..

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (SurfSeis2.05 della Kansas Geological Survey) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.

In allegato sono contenuti:

- note sulle tecniche di esecuzione ed interpretazione delle prospezioni sismiche MASW;
- sismogrammi delle prove eseguite;
- modelli sismostratigrafici 2D delle onde Vs;
- curve di dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh
- profili verticali 1D delle onde Vs (inversione delle curve di dispersione);
- spettri di risposta elastici.

9. Zonazione sismica del territorio comunale

Nella OPCM n° 3274/03 il Comune di Castel San Giorgio è stato classificato in 2° zona, corrispondente alla vecchia classificazione S=9, alla quale corrisponde un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico su terreni rigidi pari a 0,25 ag/g. Tale parametro, che indica la Pericolosità Sismica di base, è valido in condizioni ideali di sito e con superficie topografica piana.

La suddivisione del territorio nazionale in comuni caratterizzati da diverso grado sismico ha come scopo l'individuazione di grandi aree a comportamento sismico omogeneo (macrozonazione). E' altresì evidente che, vista la complessità del territorio italiano dal punto di vista geolitologico, geomorfologico, idrogeologico, tettonico, strutturale, geotecnico, etc. tale suddivisione costituisce soltanto la base per l'individuazione di aree a comportamento sismico omogeneo su scala locale.

L'esperienza dimostra che edifici simili in posizione contigua possono avere risposte totalmente diverse allo scuotimento di un terremoto, subendo danni estremamente dissimili tra loro. Per una corretta "perimetrazione" di aree a comportamento sismico simile su scala locale (microzonazione) vanno quindi individuati, per quanto possibile, i fattori che determinano variazioni nello spettro di un sisma, in funzione della dislocazione delle strutture sul territorio.

Lo studio di maggior dettaglio nelle aree di macrozonazione definite a livello regionale (1°, 2°, 3° o 4° zona) prende il nome di " microzonazione".

9.1. microzonazione sismica

La microzonazione del territorio comunale parte dalla valutazione dei vari aspetti geologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, geotecnici e geosismici che caratterizzano l'intero territorio comunale, cercando di individuare le varie zone che possono avere comportamenti omogenei dal punto di vista della Pericolosità Sismica.

Il parametro che meglio individua il comportamento dei terreni al passaggio di un treno di onde generato da un sisma è la velocità delle onde di taglio V_s , legato attraverso la densità dei terreni alla Rigidità sismica, parametro già citato come indicativo per la costruzione delle carte di microzonazione nella LR 9/83.

Le velocità-intervallo delle onde di taglio (V_s) individuate con l'esecuzione delle prove sismiche in foro e con le MASW sono state attentamente comparate con le stratigrafie delle perforazioni e si sono determinati i "range" di variazione della velocità delle onde S nei vari termini litologici presenti nei primi 30 metri di profondità dal piano-campagna.

Per estendere i valori di velocità delle onde di taglio individuati ai terreni presenti nell'intera piana si sono utilizzati i dati relativi alle indagini geognostiche eseguite nel Piano Regolatore Generale del 1982 ed i dati delle stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nella campagna del 2004. Si è quindi creato un modello del sottosuolo al quale sono state assegnate velocità delle onde di taglio simili per terreni omogenei.

Nella seguente tabella sono contenuti gli intervalli di variazione delle velocità delle onde di taglio medie determinate:

descrizione terreni	Velocità onde S (m/sec)
Terreni vegetali e di riporto	150-200
Depositi detritico-alluvionali	380-550
Depositi piroclastici sciolti	230-450
Tufo litoide	700
Tufo tenero	450

Le varie aree del territorio comunale sono, quindi, state classificate utilizzando la velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) nei primi 30 metri di profondità dal piano-campagna, determinate con prospezioni sismiche in foro (Down-Hole) e di superficie (MASW), come previsto dalla Legislazione vigente sulla classificazione sismica dei terreni (OPCM 3274/03 e seguenti e DM 14/01/2008).

Di seguito si riportano le tabelle che contengono le varie categorie di suoli alle quali si fa riferimento:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 1 – *Categorie Suoli di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008).*

Per aumentare il numero di punti sulla base dei quali costruire la carta della velocità delle onde V_s si è cercato di utilizzare i numerosi dati disponibili sui valori NSPT e C_u ma i dati sono risultati estremamente variabili e difficilmente correlabili sia alle Velocità medie delle onde V_s determinate sia alle profondità di esecuzione delle prove stesse.

Le indagini effettuate hanno fornito risultati che collocano i terreni presenti sul territorio di Castel San Giorgio nelle categorie A,B e C della Tabella 1: i rilievi carbonatici costituiscono i suoli classificati con la categoria A con velocità delle onde S superiori a 800 m/s; i terreni che costituiscono le valli semi-

pianeggianti o a debole pendenza tra i rilievi carbonatici, sulle quali insistono gli abitati di Castel San Giorgio e le altre frazioni comunali, appartengono alle categorie B e C, con velocità media delle onde S variabili nell'intorno di 300-400 m/s.

Si è quindi costruita la carta che individua aree con caratteristiche omogenee (terreni di classe A, B e C) e che riporta le isolinee di velocità delle onde S con passo 10 m/s. I limiti tra la zona A e le zone B e C sono stati tracciati tenendo conto della sia della diversa litologia dei terreni affioranti sia della diversa morfologia. Il limite tra le zone B e C è invece tracciato sulla base della isolinea di 360 m/s ed è solo indicativo. E' da sottolineare, infatti, che le microzone individuate sono corrispondenti alle categorie di terreni della tabella 1 ed in tal modo è possibile utilizzare gli stessi limiti anche per microzone di uguale Fattore di Incremento del livello massimo raggiunto dallo spettro elastico relativo a terreni appartenenti alla categoria di suolo A (suolo rigido di riferimento). Il Fattore di incremento dei suoli appartenenti sia alla categoria B sia alla categoria C rispetto alla categoria di riferimento (cat. A) è pari a 1,25.

La metodologia utilizzata per la costruzione della carta della zonazione in prospettiva sismica rappresenta un buon compromesso tra semplicità di applicazione e rigore scientifico e costituisce una buona rappresentazione per la microzonazione sismica di un territorio a scala comunale.

E' importante aggiungere che la "microzonazione" sismica su scala comunale individua aree a risposta sismica omogenea ma per la realizzazione di opere sul territorio è necessario svolgere indagini geotecnico-geofisiche di dettaglio

per valutare i fattori che concorrono alla scuotibilità del sito stesso, modificando lo spettro di risposta dell'evento sismico (Risposta Sismica Locale). Andranno determinati, per ogni localizzazione, le caratteristiche geologico-tecniche dei terreni ed i parametri dinamici del sottosuolo (velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri dal piano-campagna, spettri di risposta elastici, moduli elastici dinamici, granulometria, densità, resistenza al taglio, coefficienti di smorzamento, etc.). Tali parametri contribuiscono alla variazione nel contenuto spettrale di un evento sismico. Infatti la composizione spettrale di un sisma è funzione del meccanismo focale (modo di rottura della roccia che genera il terremoto) e subisce variazioni al passaggio tra mezzi con caratteristiche elasto-dinamiche diverse. Una prima notevole variazione avviene tra l'ipocentro del sisma ed il basamento roccioso di riferimento nell'area in esame. La seconda importante variazione avviene nell'attraversamento dei terreni di copertura tra il basamento ed il suolo.

Nella valutazione delle modalità di scuotimento locali è di fondamentale importanza risolvere l'equazione dell'onda di taglio calcolando il Fattore di Amplificazione Dinamica (FAD), che rappresenta il rapporto tra l'ampiezza dell'onda in superficie e sul basamento rigido.

La determinazione del Fattore di Amplificazione Dinamica (FAD) locale può risultare particolarmente complicato anche se esistono programmi di calcolo estremamente sofisticati in grado di risolvere l'equazione dell'onda modellizzando il sottosuolo in elementi finiti.

Nel caso del territorio pianeggiante e subpianeggiante di Castel San Giorgio, per il quale è possibile assimilare il sottosuolo ad un semispazio con stratificazione regolare, è possibile utilizzare software di calcolo estremamente semplici e di facile reperimento sul mercato.

9.2. fenomeni di liquefazione

Con il termine di liquefazione si intende la perdita di resistenza dei terreni saturi in seguito a sforzi di taglio ciclici, che determinano il raggiungimento di condizioni di fluidità simili ad un liquido viscoso. Tali condizioni possono essere raggiunte in concomitanza di eventi sismici (scuotimenti ripetuti), quando si è in presenza di terreni generalmente monogranulari (sabbie fini e limi sabbiosi) sotto il livello della falda idrica, nei primi metri di profondità dal piano-campagna. In tali condizioni si può verificare un rapido aumento della pressione neutra con una contemporanea diminuzione della pressione efficace ed una conseguente perdita di resistenza al taglio.

Nell'area del territorio comunale di Castel San Giorgio la falda idrica è presente a profondità superiore a 20-25 metri dal piano-campagna e quindi tale da escludere fenomeni di liquefazione nei terreni a granulometria sabbiosa, in concomitanza di fenomeni di scuotimento.

10. Conclusioni

In seguito all'incarico ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Castel San Giorgio per l'adeguamento sismico del Piano Regolatore Generale gli scriventi hanno redatto la presente relazione e gli elaborati grafici allegati, che rispondono a quanto previsto dalla normativa vigente in materia di strumentazione urbanistica (Legge Regionale 7 gennaio 1983, n°9).

Per raggiungere lo scopo, preso atto delle indagini geognostiche effettuate nel Piano Regolatore Generale 1982 e dello studio relativo al Piano Stralcio dell'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Sarno, si è programmata una campagna di indagini geognostiche e geofisiche volta ad integrare i dati geotecnici disponibili ed a determinare i parametri dinamici dei terreni costituenti la piana della bassa Solofrana e della Valle di Siano, sui quali sorgono i centri abitati del Comune di Castel San Giorgio, eseguita nel 2004. Si sono, inoltre, eseguite alcune prospezioni sismiche di superficie (MASW) per la determinazione della velocità delle onde S nei primi 30 metri di profondità (V_{s30}), necessaria alla classificazione dei terreni per comportamento sismico omogeneo.

Si è quindi costruita la “carta della zonazione in prospettiva sismica”, contenente 3 campiture che rappresentano suoli appartenenti alle classi A, B e C delle tabelle contenute nell'OPCM 3274/03 e nel DM 4/1/2008 e che corrispondono anche a zone con differenti caratteristiche geologiche, geomorfologiche e strutturali: le aree pianeggianti e subpianeggianti, costituite dai depositi piroclastici ed alluvionali, sono caratterizzate da terreni di classe B e C con Fattore di Incremento del livello massimo raggiunto dallo

spettro elastico relativo a terreni appartenenti alla categoria di suolo A (suolo rigido di riferimento) pari a 1,25; le aree dei rilievi montuosi che bordano le aree pianeggianti, costituite da rocce carbonatiche, sono caratterizzate da terreni di classe A e con un fattore di incremento pari a 1 (omogenee al substrato di riferimento).

La “microzonazione” effettuata ha, ovviamente, “validità areale”. In caso di nuove costruzione è opportuno determinare i fattori locali che possono modificare il contenuto spettrale dell’onda sismica, per poter adeguatamente dimensionare le strutture in progetto (ad es. per evitare fenomeni di risonanza). Andranno quindi individuate, localmente, la stratigrafia del sottosuolo, le caratteristiche geotecniche dei terreni, i loro moduli dinamici, gli spettri di risposta elastici, la velocità Vs30, il coefficiente di smorzamento, etc., effettuando il calcolo del Fattore di Amplificazione sismica Dinamica (FAD), che è il rapporto tra l’ampiezza dell’onda sismica al suolo e la corrispondente ampiezza sul basamento rigido.

Sono, inoltre, da escludere fenomeni di liquefazione dei terreni in caso di sisma, per la profondità della falda idrica sotterranea in tutta l’area della piana della bassa Solofrana e della piana di Siano. La falda idrica è, infatti, presente a profondità dal piano-campagna superiori ai 20-30 metri.

Per l’elaborazione della “*carta della stabilità*” si è tenuto conto della litologia, della giacitura degli strati, della pendenza, dello spessore dei depositi sciolti di copertura, delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni e dei dissesti attivi e potenziali. L’incrocio e la sovrapposizione di questi parametri ha permesso di suddividere il territorio in cinque classi di stabilità: 2 classi

definite stabili e 3 classi potenzialmente instabili. Le due classi stabili sono essenzialmente legate alla pendenza, infatti, nelle aree pianeggianti e subpianeggianti non vi sono evidenze di fenomeni in atto o potenziali (sia in sommità delle alture sia nelle valli). In relazione alle classi di instabilità potenziale, oltre alla pendenza, giocano un ruolo fondamentale la tipologia dei terreni e l'esposizione dei versanti. Infatti, le aree ove è maggiore l'evidenza di fenomeni di instabilità in atto o potenziali corrispondono ai versanti con copertura di depositi piroclastici, dove si possono manifestare fenomeni di colata che possono assumere particolare importanza lungo le deboli incisioni dei rilievi che bordano gli abitati di Aiello e Campomanfoli, nella Valle di Siano. In tali aree è opportuno prevedere opere che consentano di prevenire potenziali dissesti che possano causare notevole danno alla comunità (opere di rimboschimento, sistemazioni idrogeologiche, etc.).

I versanti dei rilievi calcarei che si affacciano sulla Valle della bassa Solofrana, privi di copertura, sono risultati potenzialmente instabili per distacco di blocchi calcarei in corrispondenza delle testate di strato affioranti (strati a franapoggio). Per minimizzare il rischio, in tale zone è opportuno effettuare periodicamente il “disgaggio” dei blocchi pericolanti individuati, oltre ad un'analisi del meccanismo di rotolio e rimbalzo dei blocchi stessi sul pendio. Tale studio consentirebbe di prevenire eventuali danni a cose e persone con l'utilizzo di adeguate opere di protezione.

Nella “*carta geolitologica*” sono riportati i terreni affioranti sul territorio comunale nonché le evidenze tettoniche (faglie) e sulle “sezioni” geologiche

allegate è possibile individuare lo schema stratigrafico tipo dell'intero territorio comunale.

Nella "carta idrogeologica" si sono distinti gli acquiferi presenti, la direzione di flusso idrico sotterraneo e la profondità della falda idrica sotterranea.

A conclusione della presente relazione, si sottolinea che in caso di future edificazioni, ampliamenti, etc., è opportuno predisporre indagini geologico-tecniche e geofisiche adeguate ad una corretta interazione struttura-sottosuolo. Vanno, altresì, eliminate o ridotte le situazioni di pericolo legate ai fenomeni di instabilità evidenziate nella presente.

I geologi:

dott. Leonardo Aulicino

dott. Rosario Fimiani




ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE CAMPANIA
AULICINO
N. ISCR. 1393




ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE CAMPANIA
dr. geol.
ROSARIO
FIMIANI
Albo n. 1447