UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE GEOLOGICHE

ANNO ACCADEMICO 2013/2014

UNO STUDIO SULLE CAUSE E GLI EFFETTI DELLA SUBSIDENZA NELL'AREA DEL LITORALE VENETO

RELATORE: Prof. Mario Floris

LAUREANDO: Angelo Merlo

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

COS'È LA SUBSIDENZA?

È un lento movimento di abbassamento della superficie del terreno che può avere un'estensione areale più o meno vasta ed una velocità che va da qualche decimo di millimetro all'anno(mm/anno) a decine di millimetri.

2 possibili cause

Naturali

-Geodinamica

-Consolidazione dei sedimenti per il carico sovrastante

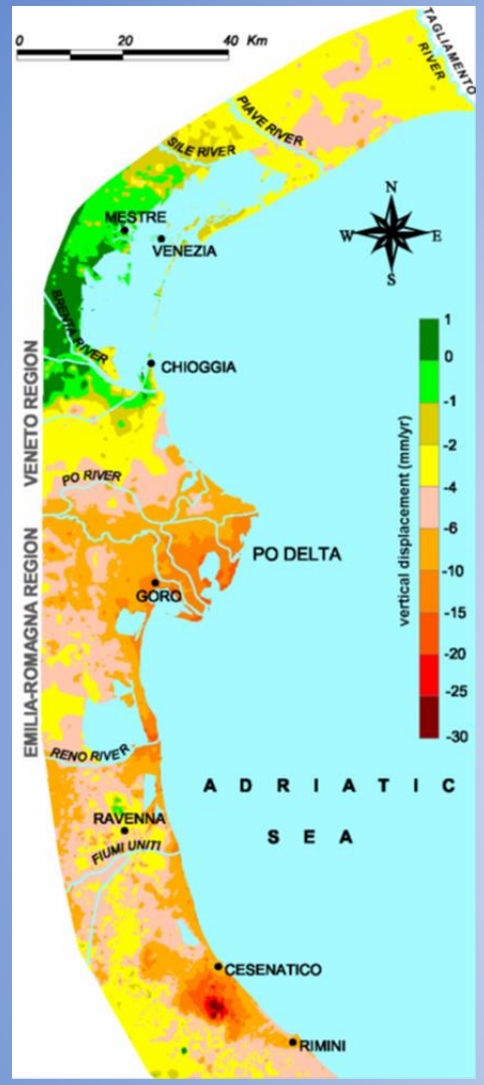
-Deglaciazione

-Carsismo

Antropiche

-Estrazione di fluidi dal sottosuolo tramite pompaggio(acqua, gas e petrolio)

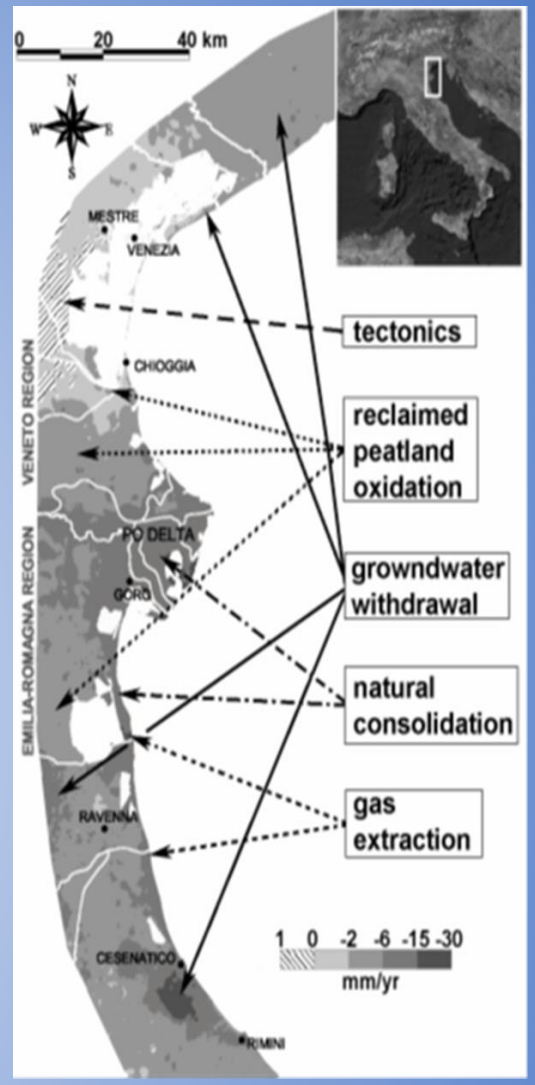
-Estrazione di solidi dal sottosuolo (miniere e tunnel)



Tasso di subsidenza del litorale dell'Adriatico Settentrionale nel periodo 1992-2000

-

Bitelli et al.,2010



Tasso di subsidenza del litorale dell'Adriatico Settentrionale nel periodo 1992-2000 e relative cause preponderanti

-

Bitelli et al.,2010

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

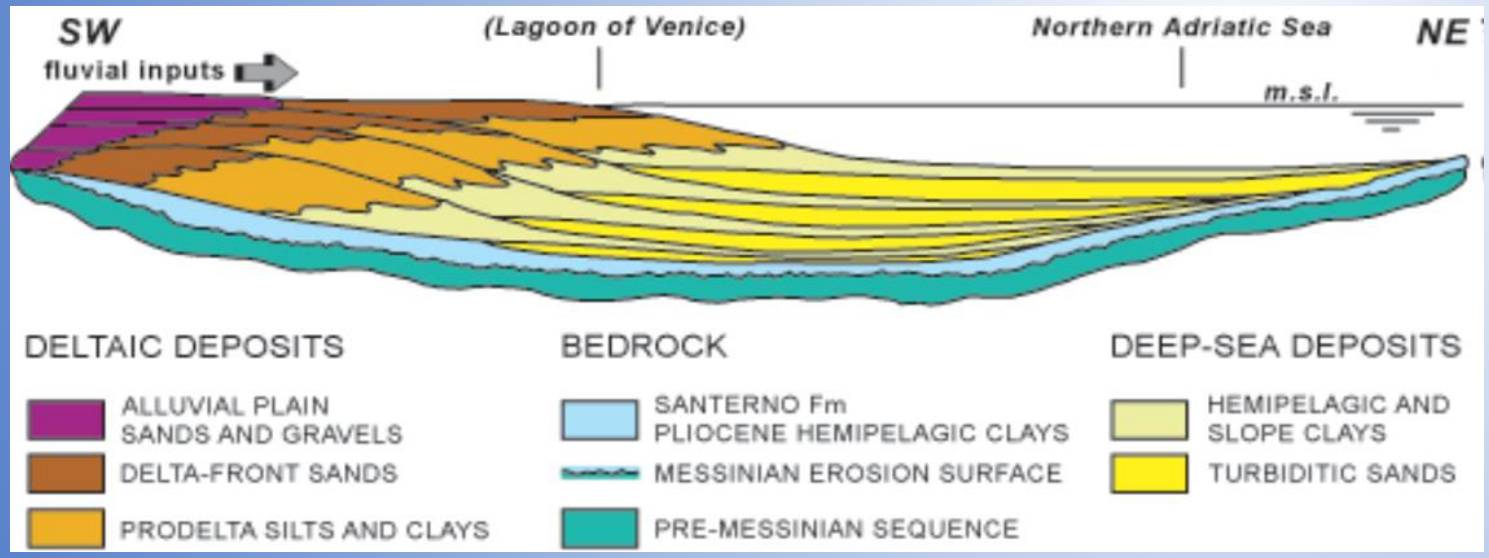
-5000m di depositi del Pliocene e del Quaternario

-Alternanza di sabbie e argille siltose

-Acquiferi multipli di acqua dolce entro i 450m(Laguna di Venezia)-600m(Delta del Po)

-Sotto i 450-600m acquiferi di acqua salata

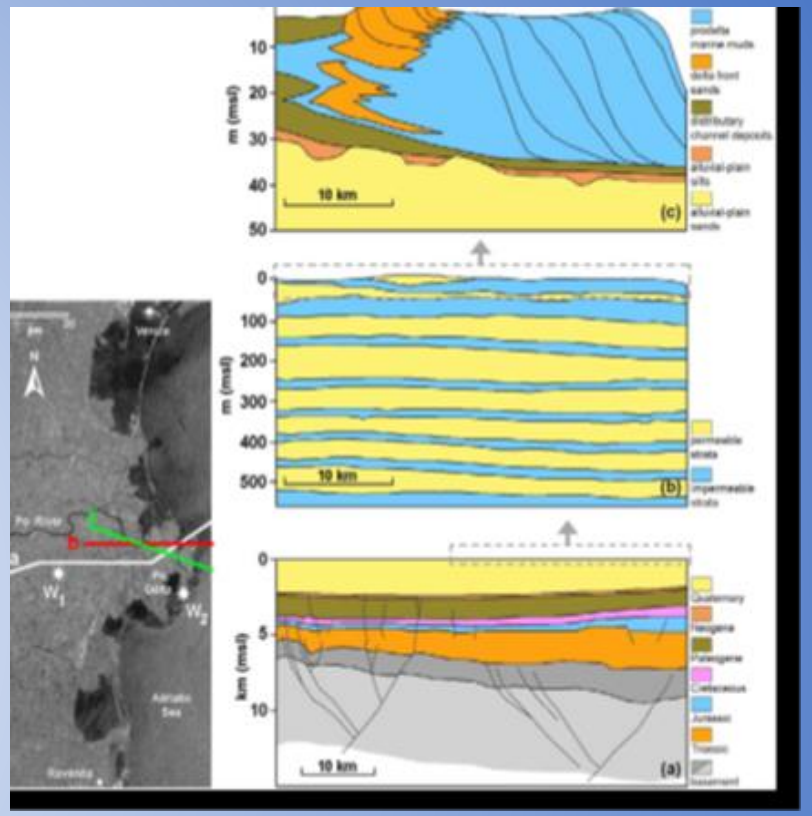
-Tra i 1000 e i 1400m in zona sud-occidentale sistema di pieghe con trappole tettoniche per gas metano



Sezione geologica da SW verso NE comprendente la laguna di Venezia e il Mar Adriatico Settentrionale

-

Brambati et al.,2003

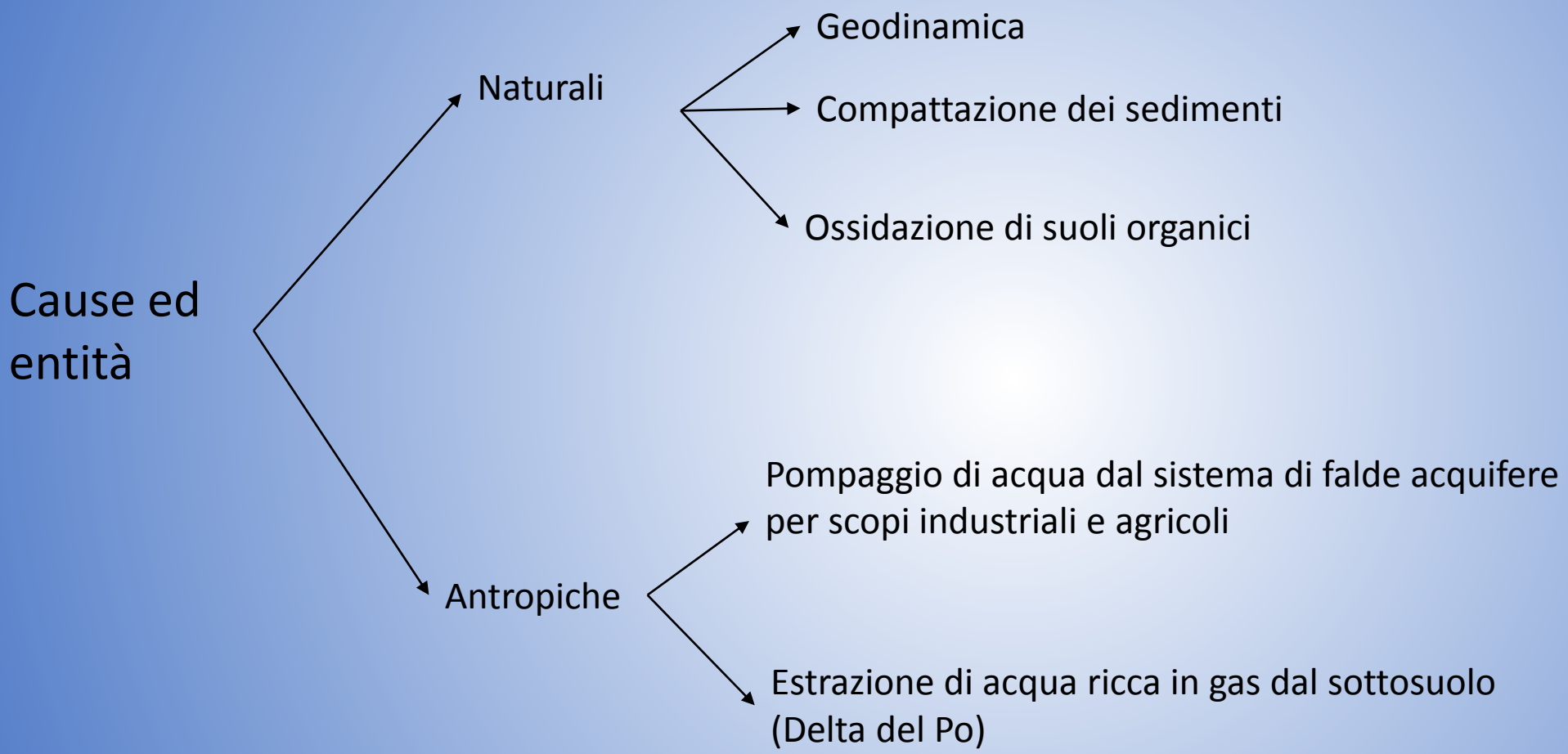


Sezioni geologiche a grande, media e piccola scala del Delta del Po

-

Teatini et al.,2011

ASPETTI CARATTERIZZANTI DELLA SUBSIDENZA DELLA LAGUNA DI VENEZIA E DEL DELTA DEL PO



Subsidenza prima dell'epoca industriale

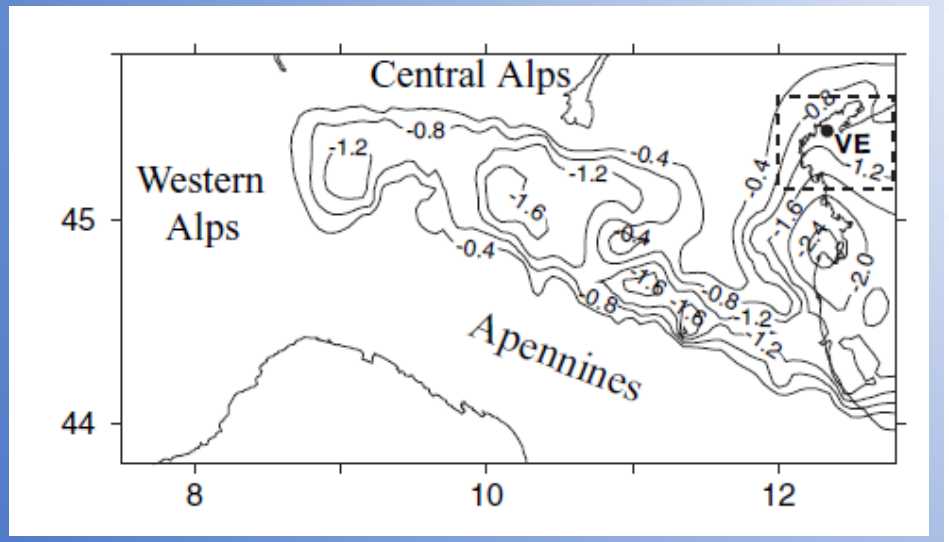
Geodinamica → Subduzione della placca adriatica sotto la placca tirrenica con formazione di una piega monoclinale nell'area SW

↓

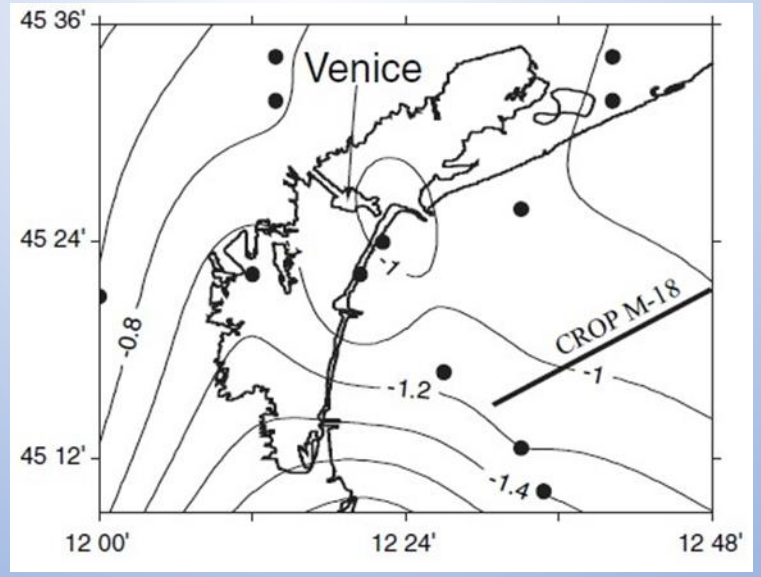
Abbassamento livello del suolo

Laguna di Venezia: 1 mm/anno circa
Delta del Po: 2.5mm/anno circa

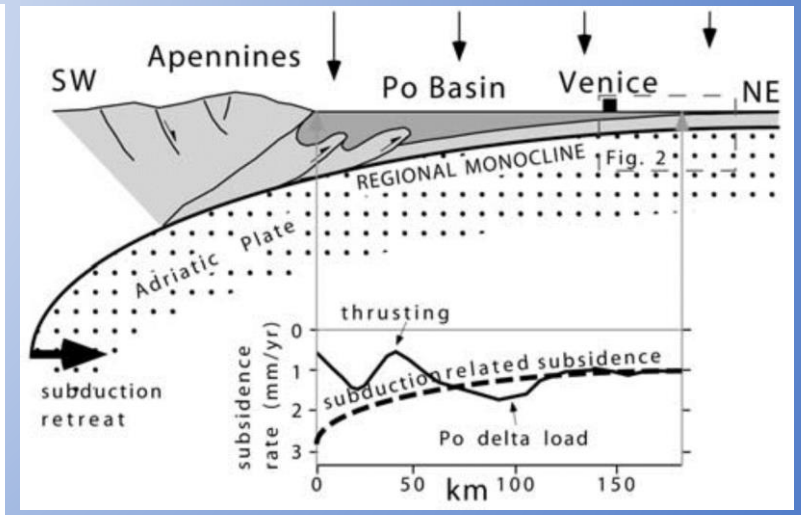
-Cause naturali → **Carico e consolidazione dei sedimenti** → Delta del Po



Carminati et al.,2003

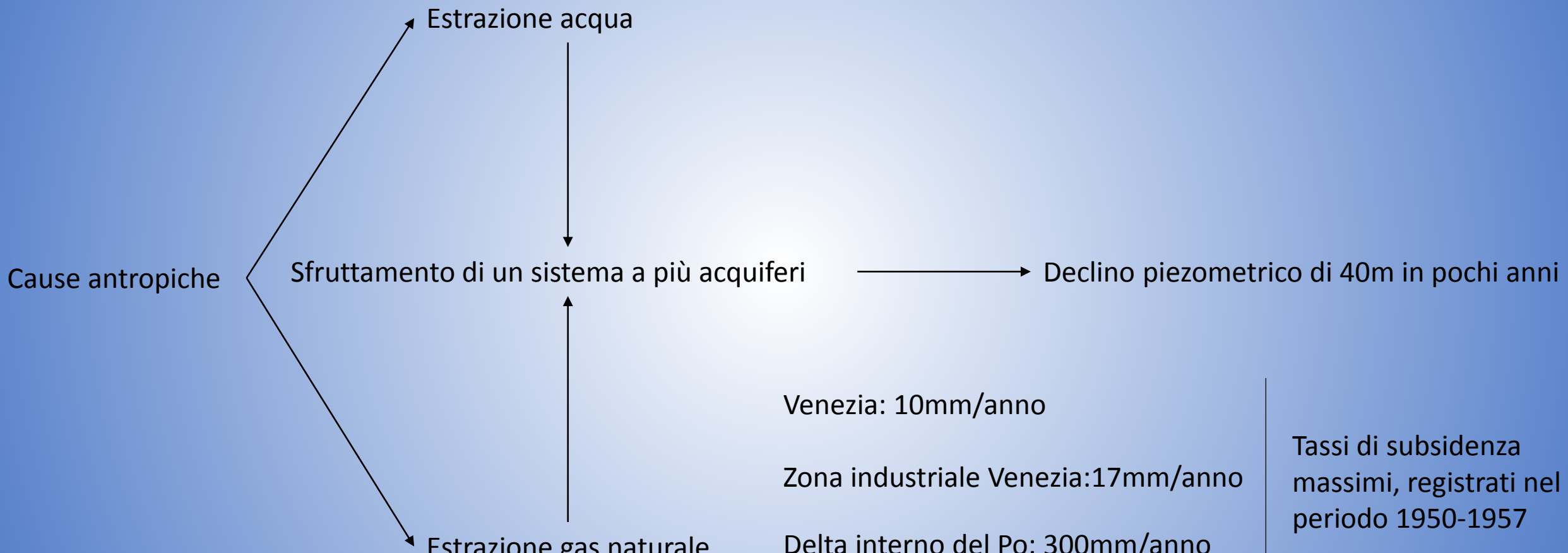


Carminati et al.,2003



Carminati et al.,2003

Subsidenza durante l’epoca industriale (1950-1970)



Venezia: 10mm/anno

Zona industriale Venezia:17mm/anno

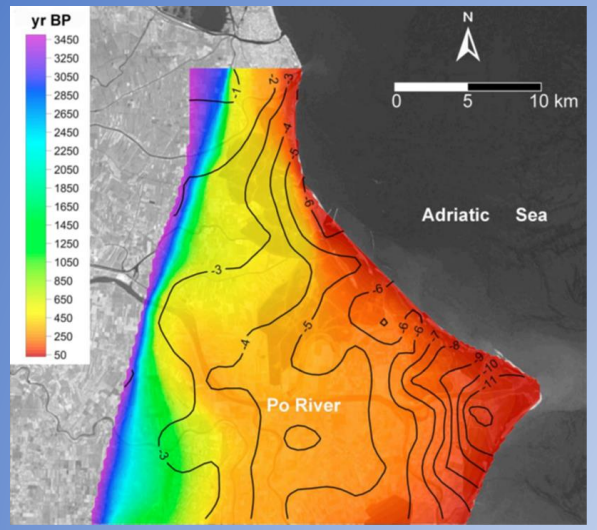
Delta interno del Po: 300mm/anno

Delta esterno del Po: 100mm/anno

Tassi di subsidenza massimi, registrati nel periodo 1950-1957

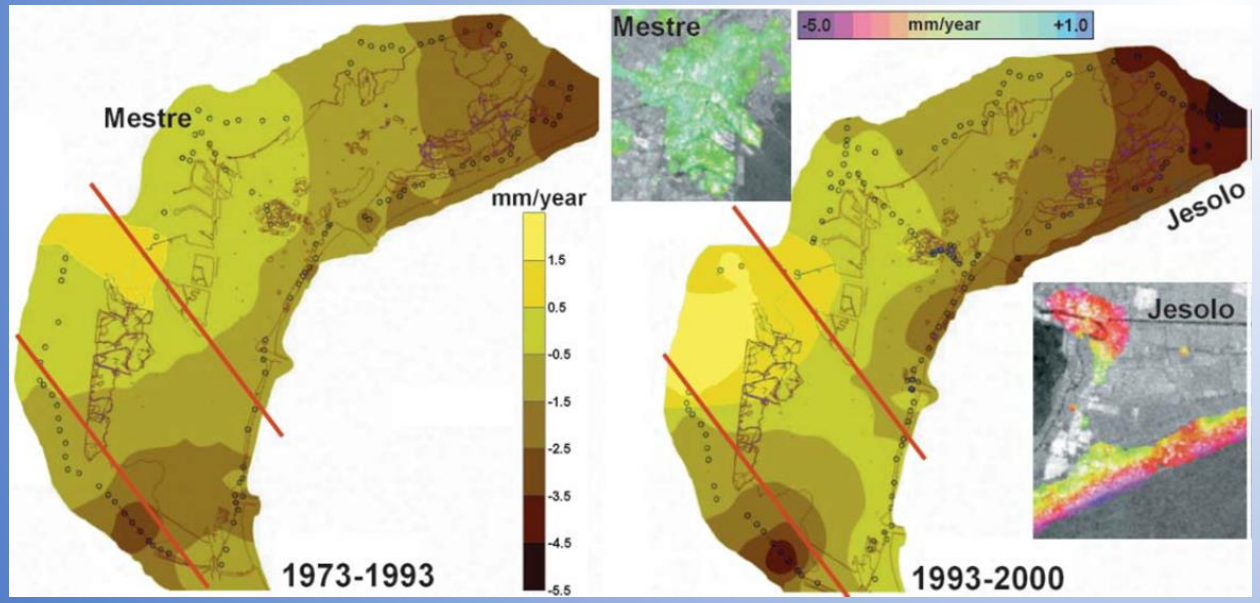
(Teatini et al.,2011)

Subsidenza tra il 1970 e oggi



Teatini et al.,2011

Forte diminuzione estrazione acqua → Subsidenza quasi naturale



Carbognin et al.,2003 & Strozzi et al.,2003

Laguna di Venezia centrale(asse Mestre-Lido di Venezia: 0.4mm/anno

Estremità settentrionale e meridionale della Laguna di Venezia: 2-4mm/anno

Predominanza di strati argillosi, più compressibili di quelli sabbiosi

Alcune aree hanno terreni ricchi in materia organica, soggetta ad ossidazione

Litorale settentrionale e meridionale: 1-3mm/anno

Causata anche dall' estrazione di acqua per scopi agricoli, termali e potabili

Delta del Po: (10-15mm/anno) → Terreni più giovani più compressibili

Subsidenza aumenta verso il mare

Previsioni per il futuro

-Continuo innalzamento del livello medio del mare

-Aumento del numero di fenomeni meteorologici estremi

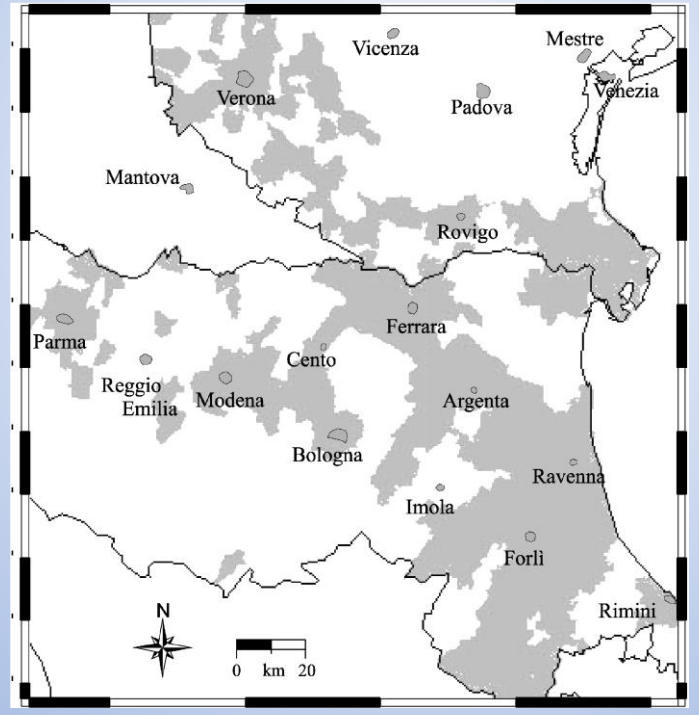
-Danni diretti e indiretti alla popolazione, al patrimonio monumentale e all'agricoltura a causa delle frequenti inondazioni

-Sommersione permanente di alcune zone sotto il livello del mare nella zona del Delta del Po)

-Alterazione dell'idrodinamica all'interno della Laguna di Venezia, con erosione del fondale, riempimento dei canali di marea e danni all'ecologia lagunare

-Problemi alla rete idraulica

Edificio parzialmente sommerso dal mare presso Sacca degli Scardovari(Delta del Po-Porto Tolle)



Zone soggette ad almeno un'alluvione significativa tra il 1900 e il 1950

-

Carminati & G. Martinelli,2002

Zone soggette ad almeno un'alluvione significativa tra il 1950 e il 2000

-

Carminati & G. Martinelli,2002

Come controllare il fenomeno?

Tecniche di rilevamento altimetrico

Il monitoraggio della variazione di altitudine della superficie terrestre è eseguito tramite:

1- Tecniche di livellamento tradizionale

2- DGPS (Differential Global Positioning System)

3-DInSAR (Differential Interferometric Synthetic-aperture radar)

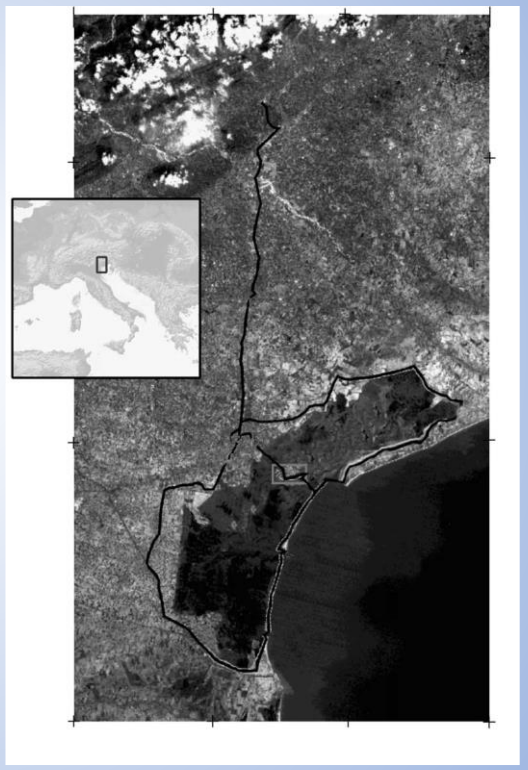
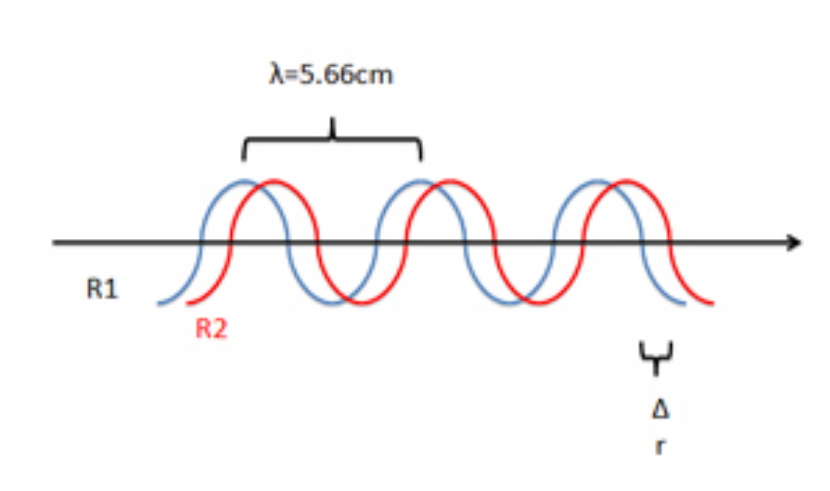


Immagine satellitare della laguna di Venezia con evidenziate delle linee nere che connettono la laguna alla zona pedemontana, facenti parte della rete di livellamento utilizzata sin dall'inizio 1900 per misurare gli spostamenti verticali del terreno

-

Carbognin et al.,2004

DInSAR



www.pcn.minambiente.it

-Rilevazione della fase interferometrica, differenza di fase d'onda tra 2 immagini radar della stessa area

↓

velocità di movimento della superficie terrestre nella direzione oggetto-satellite

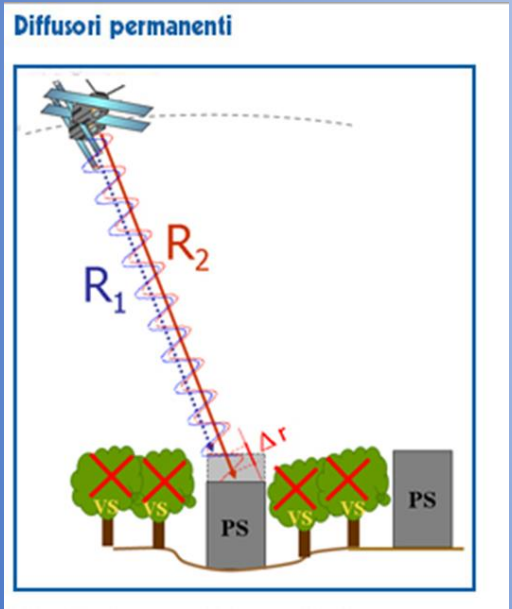
-Dati affidabili solo su edifici e altri manufatti umani

-Vantaggi rispetto alle tecniche basate a terra

Basso costo e ampie aree coperte

Basso angolo di incidenza

Breve intervallo di tempo tra 2 misure



www.pcn.minambiente.it

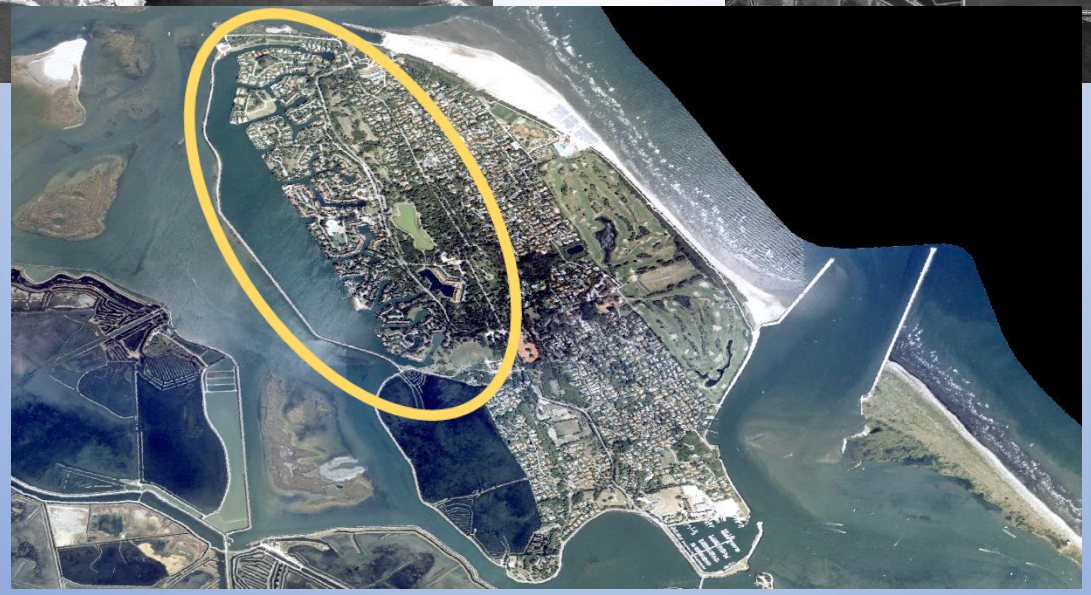
Satellite- and ground-based SAR systems	Agency/ institution	Start–end	Band	Wavelength (cm)	Revisiting period (days)	Resolution (azimuth × range)
ERS 1-SAR	ESA	1991–2000	C	5.6	35	4 m × 20 m
ERS 2-SAR	ESA	1995–2010	C	5.6	35	4 m × 20 m
ENVISAT-ASAR	ESA	2002–2011	C	5.6	35	4 m × 20 m
TerraSAR-X	DLR	2007–2012	X	3.1	11	2 m × 3 m
ALOS-PALSAR	JAXA	2005–present	L	23.6	46	10 m × 10 m
GBSAR	UPC	2007	X	3.1	User-defined	0.5 m × 0.5 m
	IG	2008–present	Ku	1.8	User-defined	0.5 m × 0.0044 rad
Cosmo-Skymed-1	ASI	2007–present	X	3.1	<24 h	<1 m × 1 m
Sentinel-1	ESA	2014-present	C	18.0	6	5 m x 20 m

STUDIO DI UN'AREA SUBSIDENTE NEL PERIODO 1992-2010

Isola di Albarella

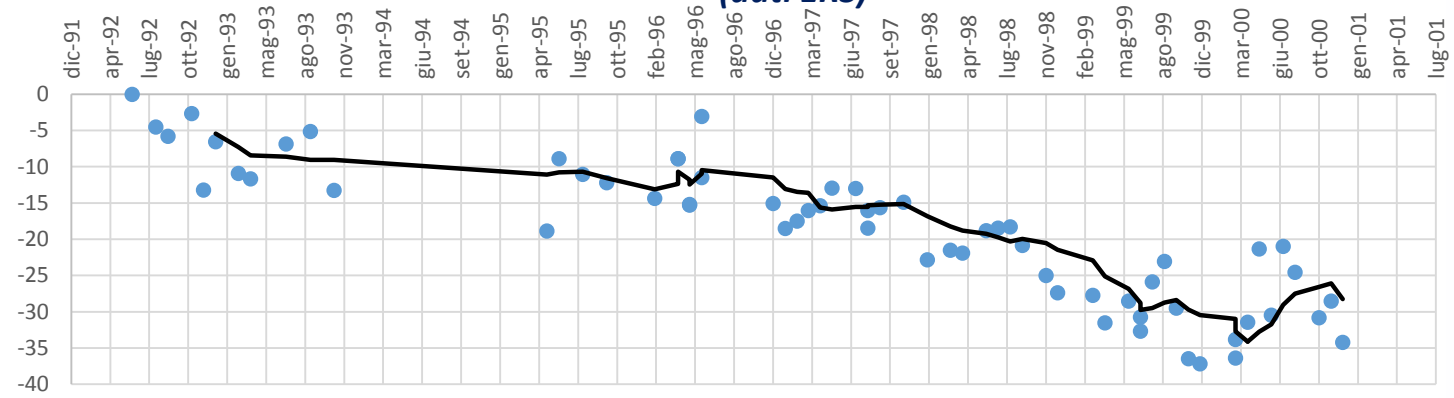
1977

1996



2008

Abbassamento del livello del suolo nel periodo 1992-2000 (dati ERS)



1992-1997 → 3mm/anno

1998-2000 → 4mm/anno

Diminuzione del tasso di subsidenza nel periodo ENVISAT

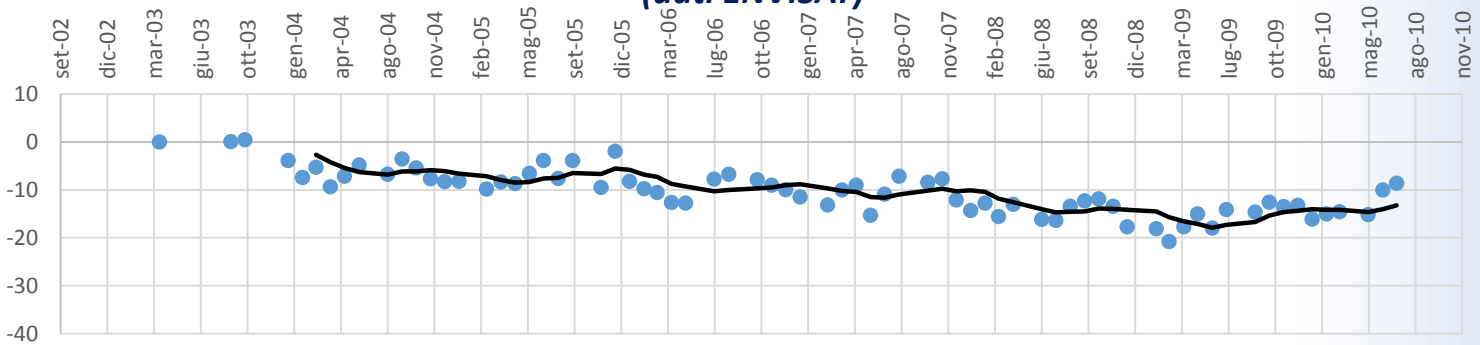
↓

Diminuzione estrazione di acqua a scopi potabili da aeree residenziali

↓

Ritorno a valori di subsidenza naturale

Abbassamento del livello del suolo nel periodo 2003-2010 (dati ENVISAT)



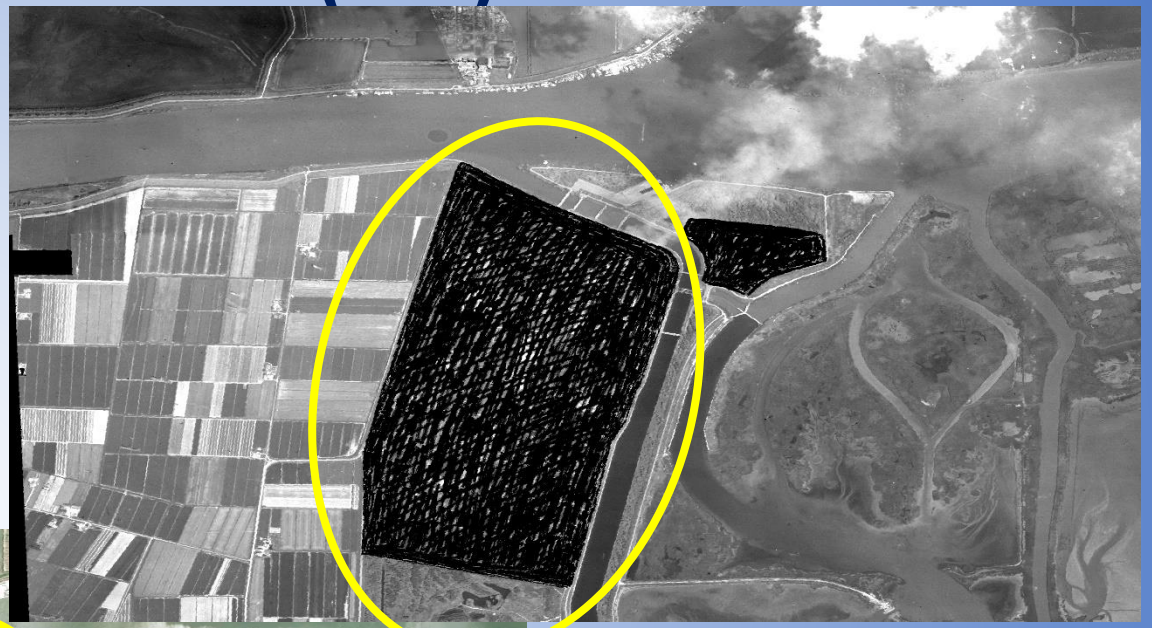
2004-2006 → 2mm/anno

2006-2008 → 2mm/anno

2008-2010 → 1mm/anno

STUDIO DI UN'AREA SUBSIDENTE NEL PERIODO 1992-2010
Centrale ENEL di Porto Tolle (Pila)

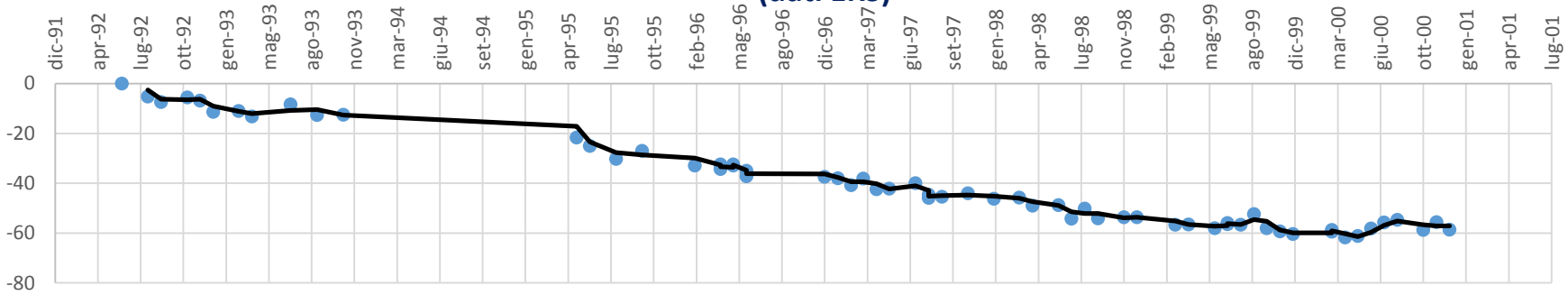
1977



1999

2008

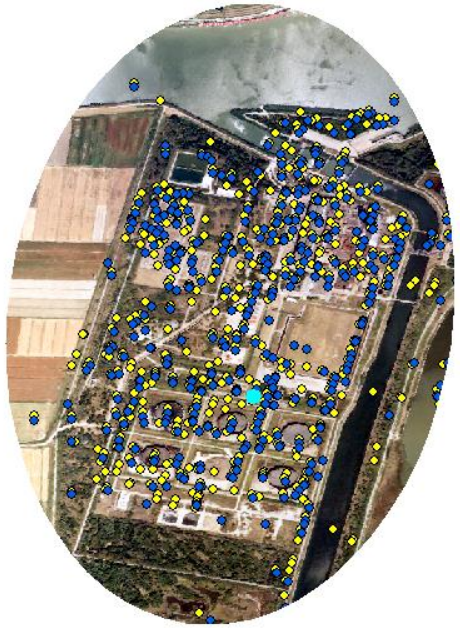
Abbassamento del livello del suolo nel periodo 1992-2000 (dati ERS)



1992-1993 → 5mm/anno

1997-1998 → 8mm/anno

1998-2000 → 7mm/anno

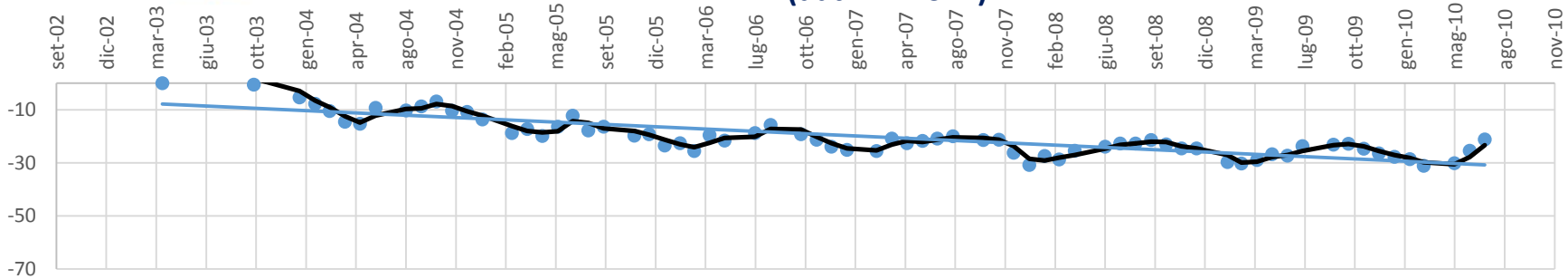


Dimezzamento del tasso si subsidenza dopo il 2006

↓

Attività della centrale elettrica meno intensa

Abbassamento del livello del suolo nel periodo 2003-2010 (dati ENVISAT)



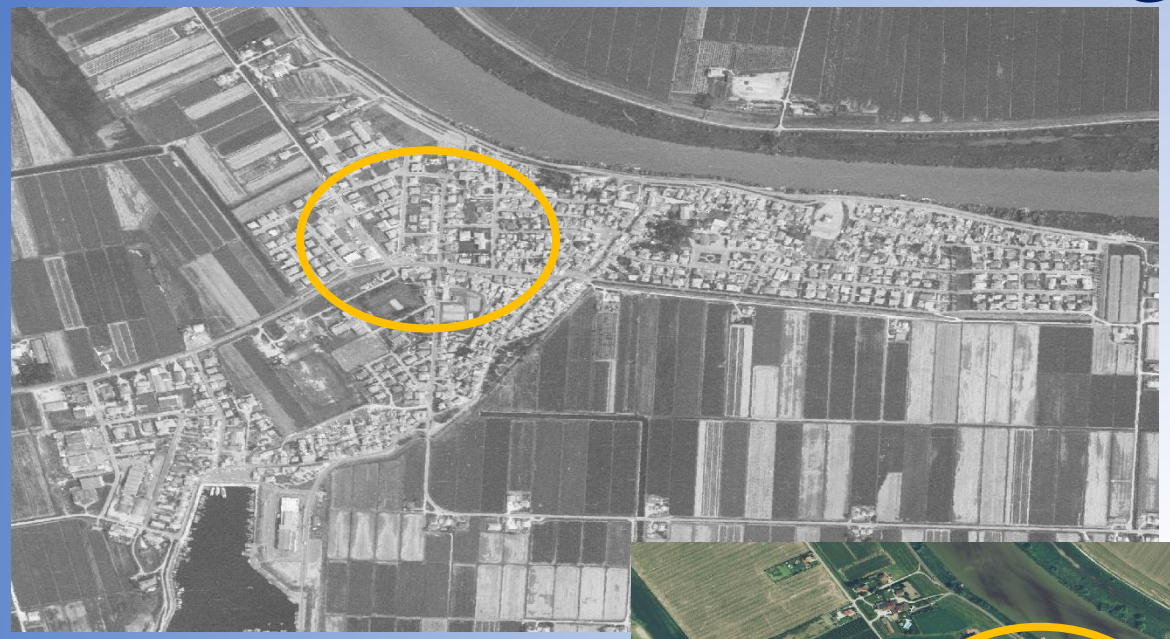
2004-2005 → 7mm/anno

2006-2008 → 3mm/anno

2009-2010 → 3mm/anno

STUDIO DI UN'AREA SUBSIDENTE NEL PERIODO 1992-2010

Goro

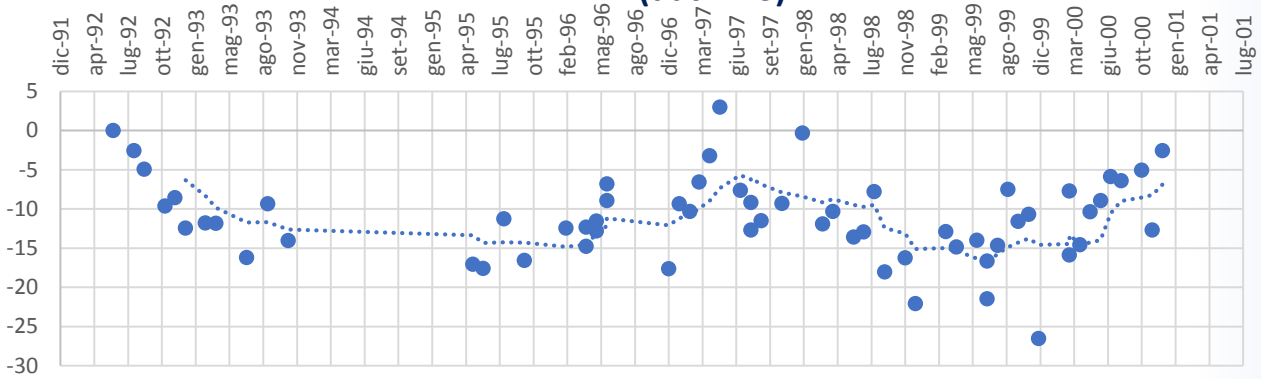


1988

1996

2006

Abbassamento del livello del suolo nel periodo 1992-2000 (dati ERS)



1992-1993 → 15mm/anno

1995-1997 → 6mm/anno (innalzamento)

1997-1999 → 3mm/anno

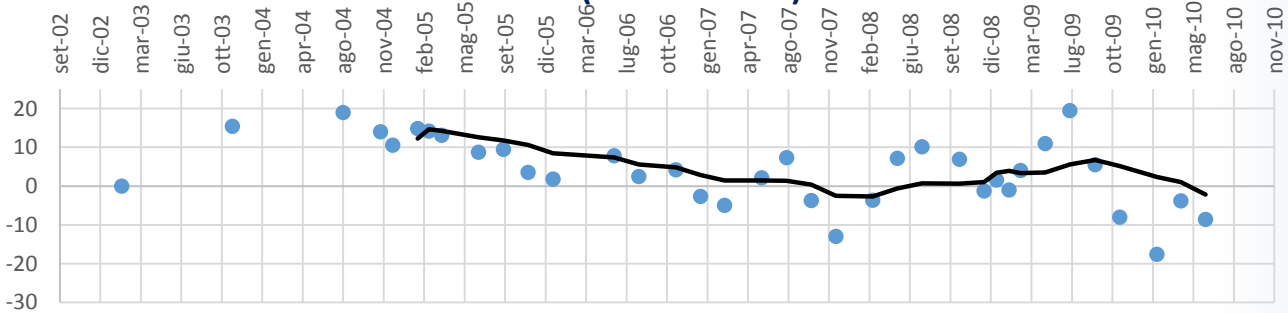
1999-2000 → 7mm/anno (innalzamento)

Fino al 2000 forti variazioni del tasso di subsidenza a causa della costruzione di nuovi edifici

↓

Successivamente il tasso di subsidenza diminuisce fino a valori vicino allo zero

Abbassamento relativo del livello del suolo dal 2003 al 2010 (dati ENVISAT)



2004-2008 → 6mm/anno

2008-2010 → 2mm/anno

Conclusioni

-L’estrazione di acqua dolce o gas metano dal sottosuolo in misura eccessiva aumenta notevolmente il tasso di subsidenza del terreno

-Una diminuzione delle attività di estrazione comporta una forte diminuzione del tasso di subsidenza con ritorno ai livelli naturali, ma non con inversione di tendenza se non di pochi millimetri

-Dal 1992, grazie alle tecniche di telerilevamento satellitare tramite DInSAR, è possibile monitorare con brevi periodi di campionamento vaste aree e individuare l’insorgere di problemi di subsidenza prima che diventino insostenibili

Bibliografia

-L.Carbognin et al., 1986. Correlations between shoreline variation and subsidence in the Po River Delta. Land Subsidence, Proceedings of the Third International Symposium on Land Subsidence, Venice, Italy, 1984, IAHS,151, 367-373.

-M.Fabris et al., 2014. Estimation of Subsidence in Po Delta Area by Integration of GPS Data, High-Precision Leveling and Archival Orthometric Elevations. International Journal of Geosciences, 2014, 5, 571-585.

-Gatti M. & Russo P., 1995. Land subsidence in Po river valley. Land Subsidence, Barends,Brouwer & Schroder (eds), Balkema,Rotterdam.

-Teatini et al., 2011. Quantitative evidence that compaction of Holocene sediments drives the present land subsidence of the Po Delta,Italy. Journal of Geophysical Research,Vol.116,B08407,doi:10.1029/2010JB008122.

-E.Carminati & G.Martinelli, 2002. Subsidence rates in the Po Plain,Northen Italy: the relative impact of natural and anthropogenic causation. Engineering Geology 66 (2002) 241–255.

-R.Tomas et al., 2013. Radar interferometry techniques for the study of ground subsidence phenomena a review of practical issues through cases in Spain. Environmental Earth Sciences DOI 10.1007/s12665-013-2422-z.

-L.Carbognin et al., 2004. Eustacy and land subsidence in the Venice Lagoon at the beginning of the new millennium. Journal of Marine Systems 51 345– 353.

-Carbognin L.,Teatini P.,Tosi L., 2007. Land subsidence in the venetian region,Italy: Analysis of its multiple aspects focus on recent investigation. China-Italy Bilateral Symposium On The Coastal Zone: Evolution And Safeguard.

-Carbognin L.,Teatini P.,Tosi L., 2007. Land subsidence monitoring techniques: A new strategy adopted in the venetian area,Italy. China-Italy Bilateral Symposium On The Coastal Zone: Evolution And Safeguard .

-P.Teatini et al., 2005. Mapping regional land displacements in the Venice coastland by an integrated monitoring system. Remote Sensing of Environment 98 403 – 413.

-Tosi L.,Teatini P. & Strozzi T., 2013. Natural versus anthropogenic subsidence of Venice. Scientific Reports 3:2710 DOI: 10.1038/srep02710.

-Brambati A.,Carbognin L.,Quaia T.,Teatini P. and Tosi L., 2003. The Lagoon of Venice: geological setting, evolution and land subsidence. 32nd International Geological Congress, Episodes Vol.26 No.3.

-P.Teatini et al., 2012. Resolving land subsidence within the Venice Lagoon by persistent scatterer SAR interferometry. Physics and Chemistry of the Earth 40-41 72–79.

-P.Baldi et al., 2009. GPS-based monitoring of land subsidence in the Po Plain(Northen Italy). Earth and Planetary Science Letters 288 204–212.

-E.Carminati et al., 2005. Magnitude and causes of long-term subsidence of the Po Plain and Venetian region. Flooding and Environmental Challenges for Venice and its Lagoon: State of Knowledge, ed. C. A. Fletcher and T. Spencer with J. Da Mosto and P. Campostrini. Published by Cambridge University Press, Cambridge University Press.

-G.Bitelli et al., 2010. Radar interferometry based mapping of the present land subsidence along the low-lying northern Adriatic coast of Italy. *Land Subsidence, Associated Hazards and the Role of Natural Resources Development* IAHS Publ. 339, 2010.

-E.Carminati et al., 2003. Apennines subduction related subsidence of Venice. Geophysical Research Letters,Vol.30,No.13,1717,doi:10.1029/2003GL017001.

-Strozzi T.,Carbognin L.,Rosselli R.,Teatini P.,Tosi L. and Wegmuller U., 2003. Ground vertical movements in urban areas of the Veneto region (Italy) detected by DInSAR. 4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, 17-20 June 2003, Bologna, Italy.