



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

CONVEGNO

LE GRANDI SFIDE URBANE: CAMBIAMENTI CLIMATICI E QUALITÀ AMBIENTALE

ROMA 31 marzo 2015



ASPETTI IDROGEOLOGICI DEGLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO IN AMBIENTE URBANO

Giuseppe Sappa e Giulia Luciani

DICEA – Sapienza Università di Roma

giuseppe.sappa@uniroma1.it



- *Il cambiamento climatico agisce generalmente come moltiplicatore degli effetti che già alterano i sistemi idrogeologici, con evidenti conseguenze per gli ecosistemi e le comunità che dipendono da essi (Appleton, 2003).*



Dar es Salam (2013)



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

CONVEGNO

**LE GRANDI SFIDE URBANE: CAMBIAMENTI
CLIMATICI E QUALITÀ AMBIENTALE**

ROMA 31 marzo 2015



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Gli effetti del cambiamento climatico producono,

- *modifiche del regime delle precipitazioni (intensità, durata) e aumento delle temperature medie mensili (IPCC, 2014)*
- *variazioni del volume e della distribuzione spaziale e temporale della ricarica delle falde (Green et alii, 2011; Kumar, 2011).*



Impatti sulle acque sotterranee

- ***Diretti***
 - *Diminuzione della ricarica annuale con conseguenti abbassamenti della superficie piezometrica e minore disponibilità di acque sotterranee*
 - *Subsidenza*
- ***Indiretti:***
 - *Aumento dei prelievi di acque sotterranee dovuto a minore disponibilità di acque superficiali*
 - *Deterioramento della qualità delle acque sotterranee*

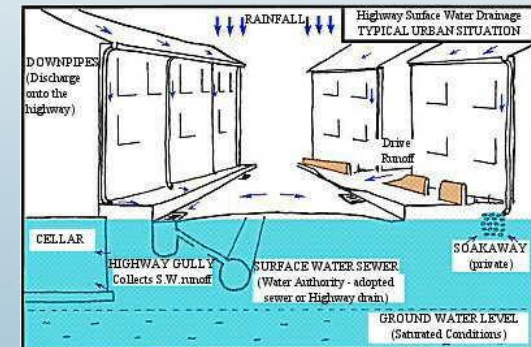
Differenze in termini di vulnerabilità ed esposizione: amplificazione di criticità opposte nelle diverse aree del pianeta

- aumento di frequenza e
severità dei periodi di scarsità
della risorsa idrica sotterranea
nelle regioni sub-tropicali***

(IPCC WGII AR5, 2014)



- groundwater-related flows
nelle regioni settentrionali del
pianeta.***



Effetti possibili

- *Subsidenza, dovuta ad abbassamenti della superficie piezometrica*

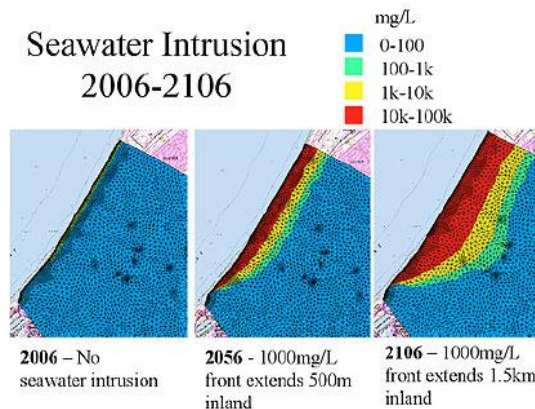


Nuova Fiera di Roma (2012)



Pennsylvania, 1999

- *Aumento dell'intrusione marina negli acquiferi costieri*



California (Loaiciga et alii, 2009)



African mangroves (2012)



Effetti possibili

- *Maggiore mobilitazione dei contaminanti dovuta all'aumento delle piogge intense e ad elevati, repentini innalzamenti del livello di falda*
- *Aumento della domanda di acqua per irrigazione, energia, industria, usi domestici*
(Green et alii, 2011)



- Gli effetti*

La Fiera di Roma, esempio di deficit di infiltrazione

Amplificazione di effetti dovuti a fattori non-climatici: la riduzione dell'infiltrazione efficace dovuta alla crescente impermeabilizzazione del suolo in un'area di 7.5 km² nella zona sud-ovest.

2003



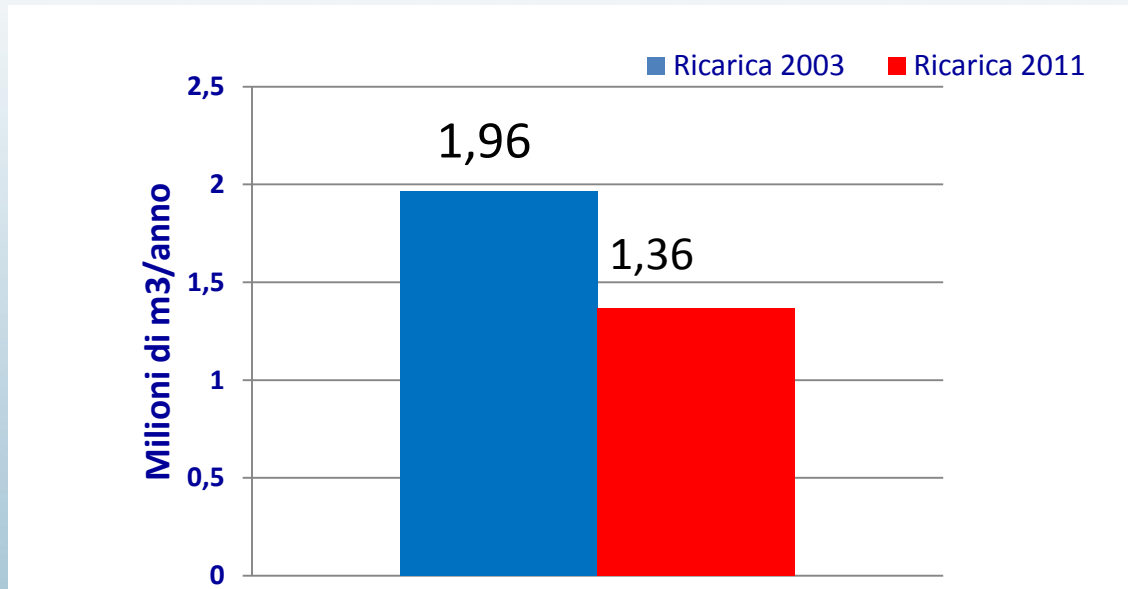
2011





Conseguenze:

- *- 30 % di ricarica annua*
- *Abbassamento della superficie piezometrica*
- *Subsidenza locale del suolo urbano*





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

CONVEGNO

**LE GRANDI SFIDE URBANE: CAMBIAMENTI
CLIMATICI E QUALITÀ AMBIENTALE**

ROMA 31 marzo 2015



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

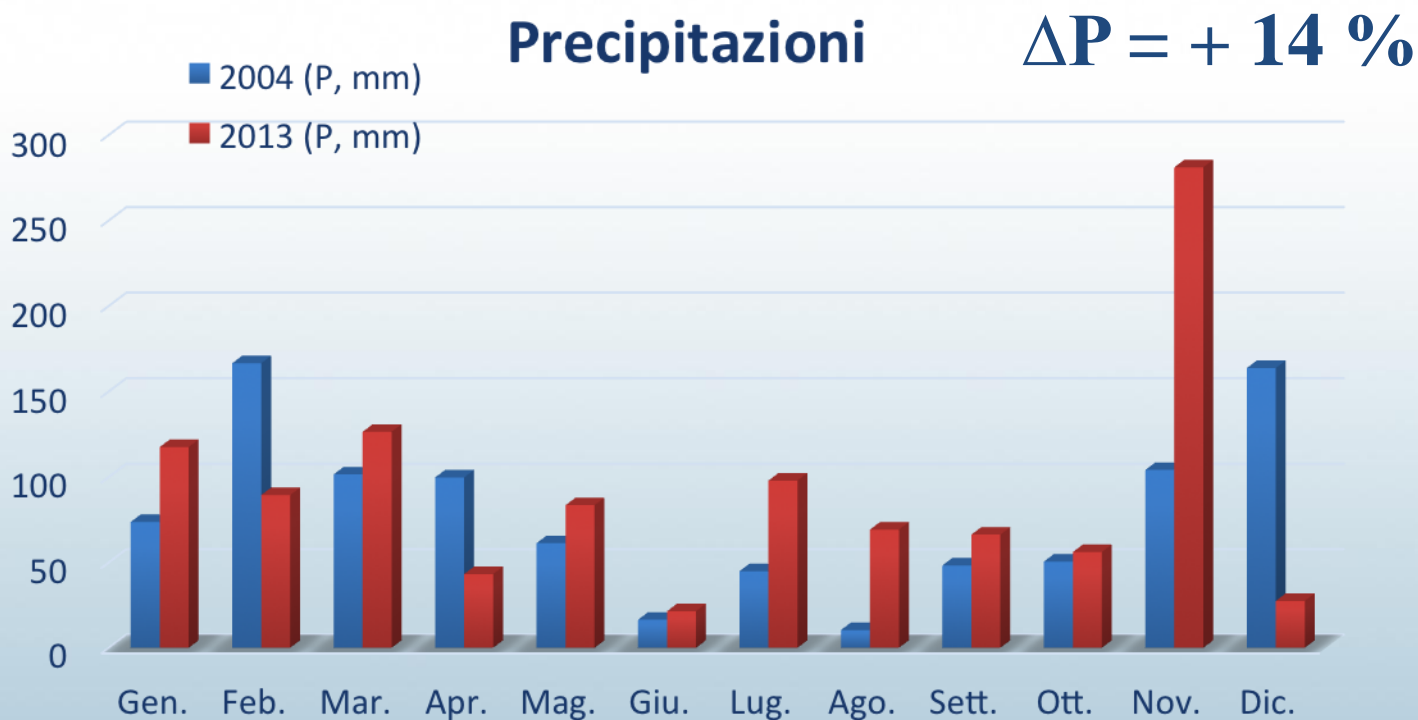
- *L'esempio di Roma*

*La città non ha certo problemi di
approvvigionamento idrico, ma:*

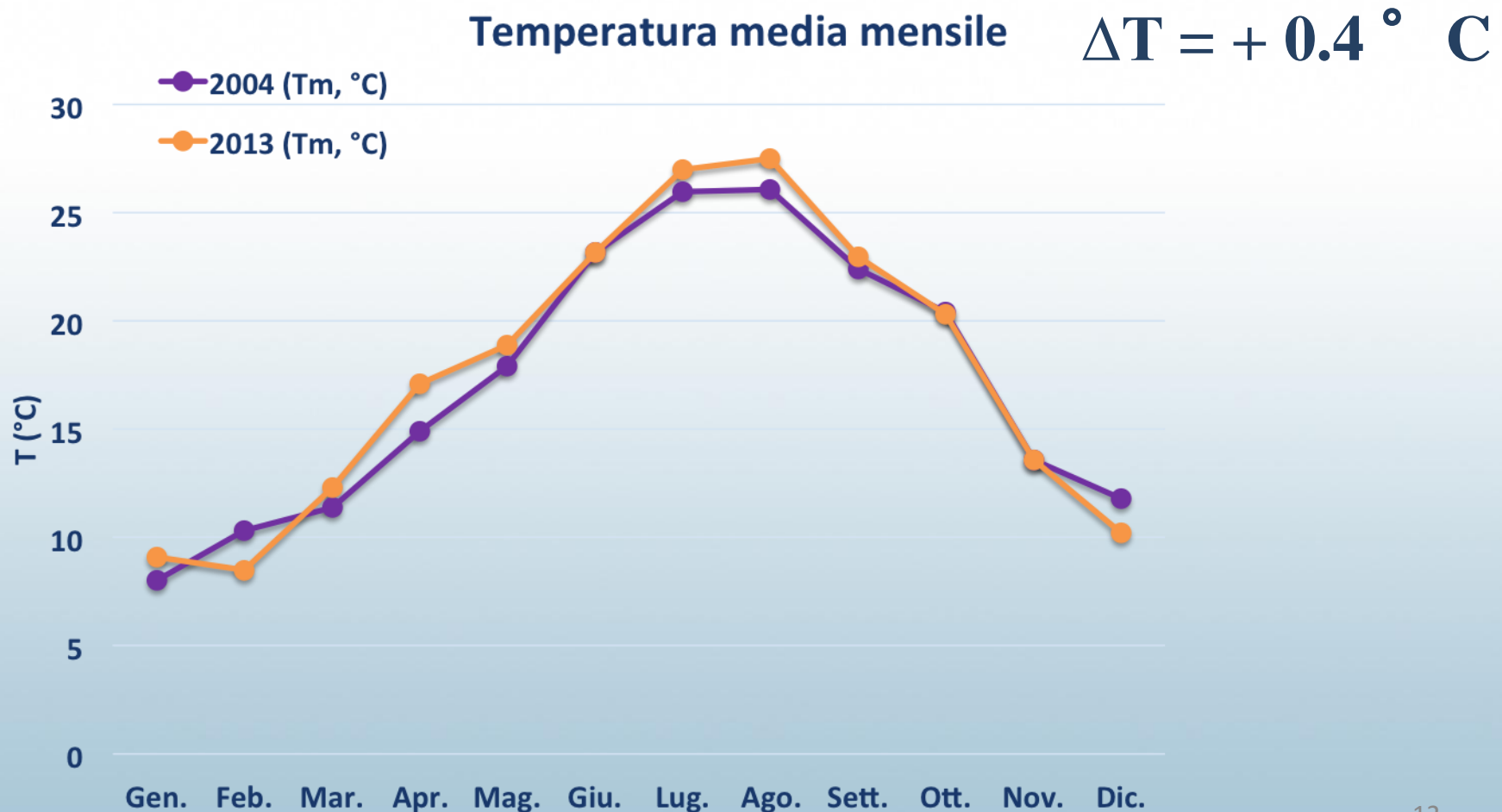
*se varia la distribuzione delle precipitazioni e
delle temperature?*

Cosa succede?

- Stazione Termo-pluviometrica Macao (Roma)*



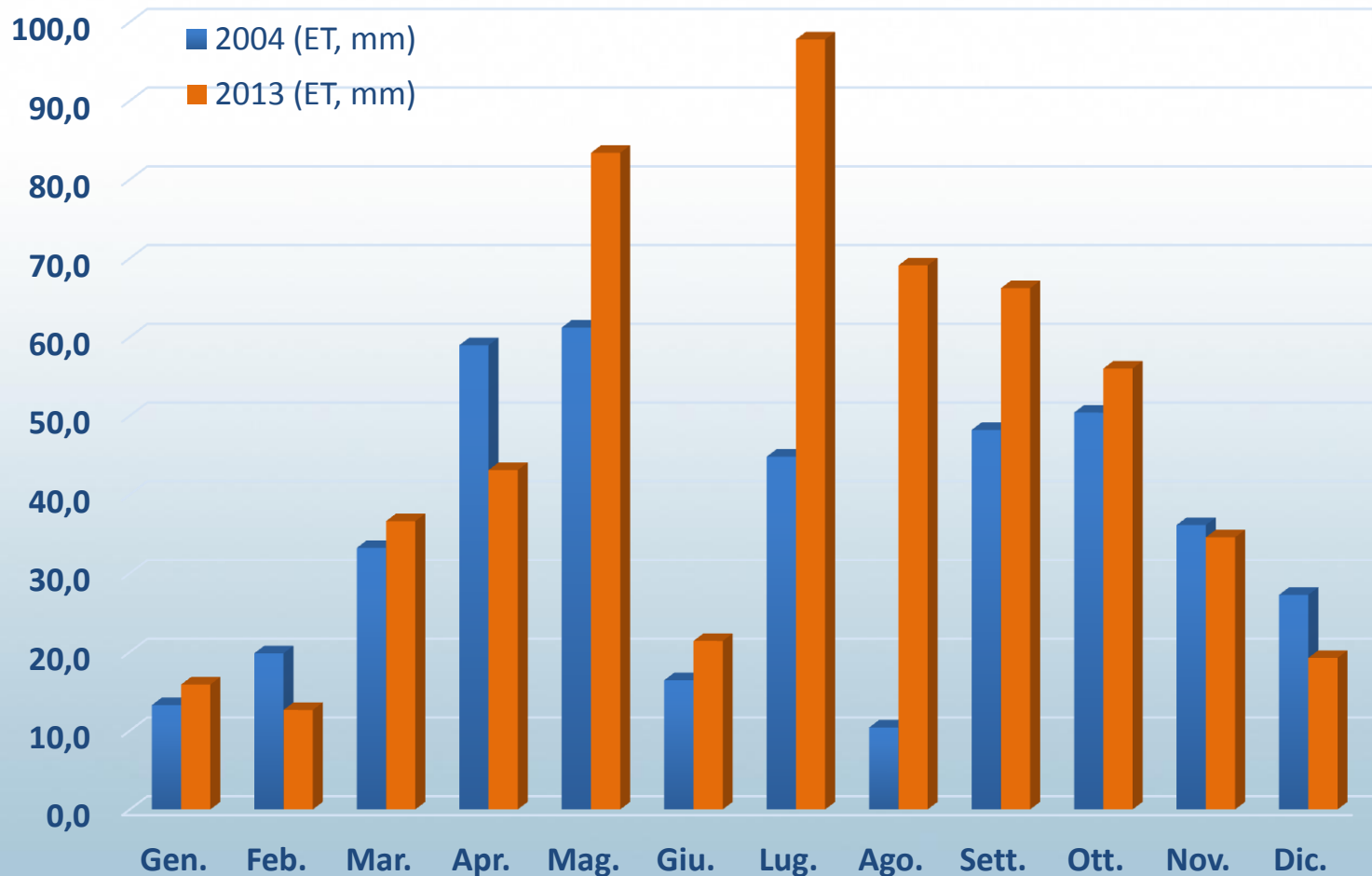
- *Stazione Termo-pluviometrica Macao (Roma)*





- *Stazione Termo-pluviometrica Macao (Roma)*

Evapotraspirazione $\Delta Et = + 32 \%$





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

CONVEGNO

**LE GRANDI SFIDE URBANE: CAMBIAMENTI
CLIMATICI E QUALITÀ AMBIENTALE**

ROMA 31 marzo 2015



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

- *L'incremento dei volumi di evaporazione e l'alterazione del contenuto idrico del suolo, possono avere effetti localmente significativi.*
- *Nella città di Roma, i depositi alluvionali presenti nelle zone a sud e a nord del centro storico sono fortemente compressibili.*
- *Altre zone sono caratterizzate dalla presenza dei prodotti vulcanici dell'apparato sabatino, che sono sede di una circolazione idrica media, legata alla presenza di intercalazioni permeabili per porosità o per fessurazione. In questa zona sono presenti numerose sorgenti e pozzi.*



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

CONVEGNO

**LE GRANDI SFIDE URBANE: CAMBIAMENTI
CLIMATICI E QUALITÀ AMBIENTALE**

ROMA 31 marzo 2015



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

- *La riduzione di infiltrazione efficace può avere effetti sensibili sulla disponibilità di risorse idriche sotterranee per l'approvvigionamento ad uso antropico.*



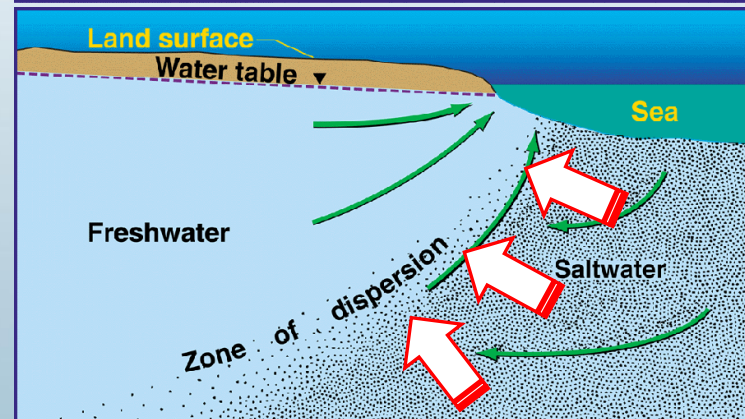
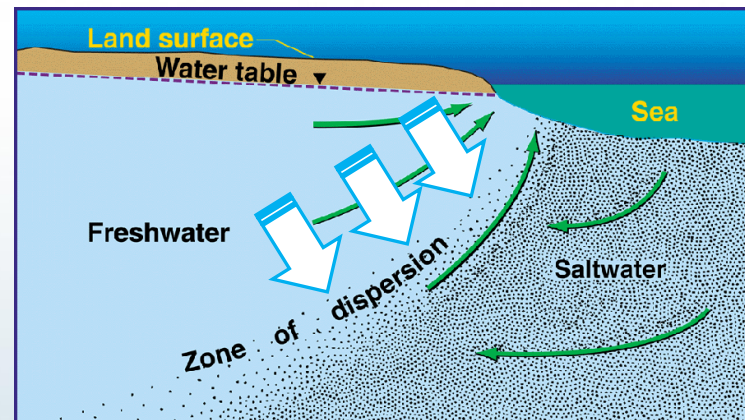
- *Metà della popolazione mondiale risiede entro i primi 60 km di distanza dalle coste. I tre quarti delle grandi metropoli si trovano in località costiere. (UNEP, 2010).*



*Dar es Salam
(Tanzania)*

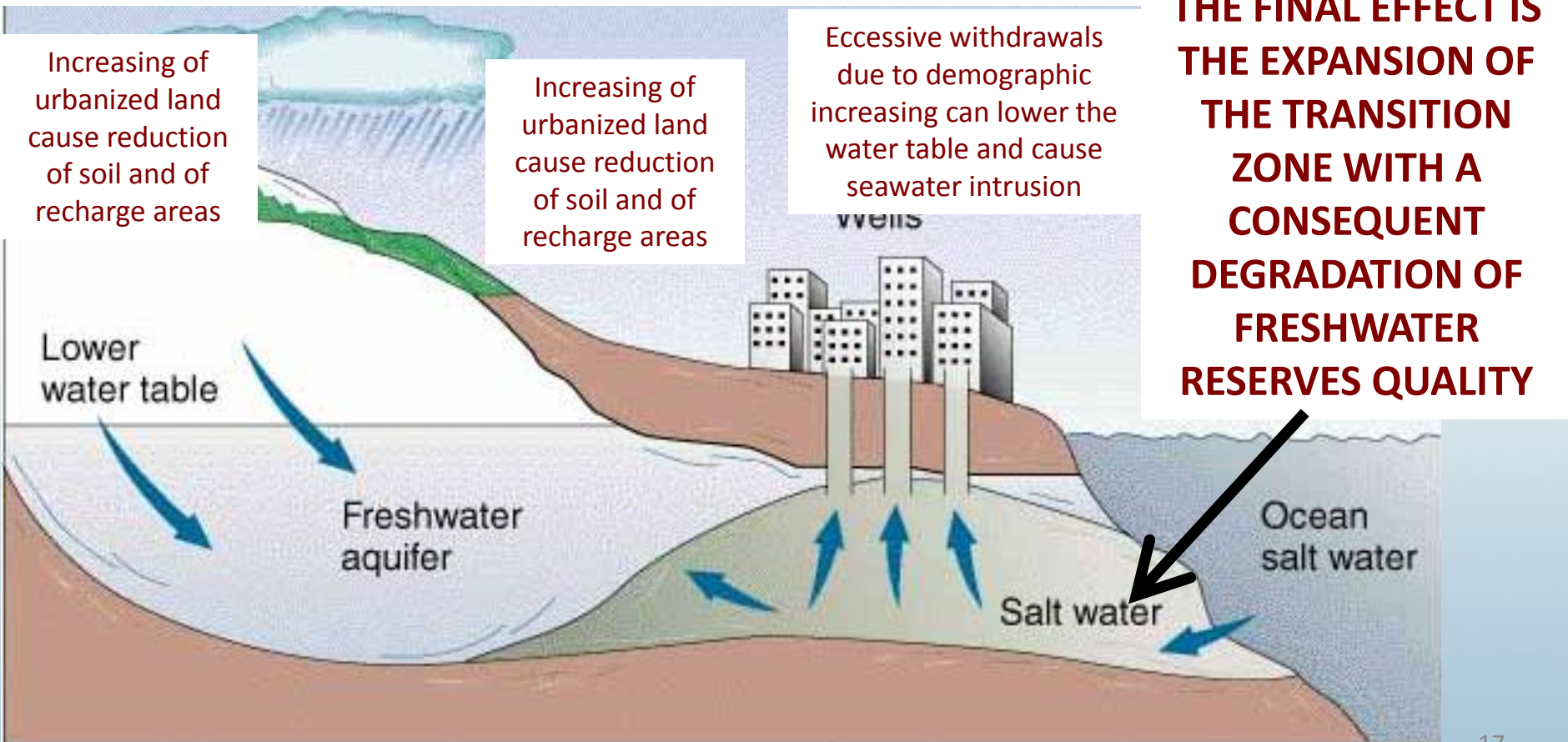


*Lagos
(Nigeria)*





Anthropogenic and CC influences on seawater intrusion

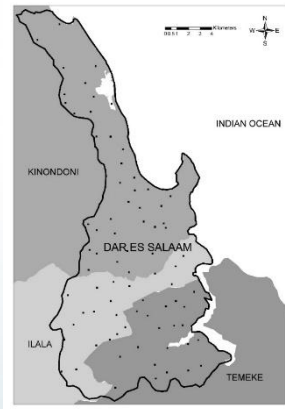
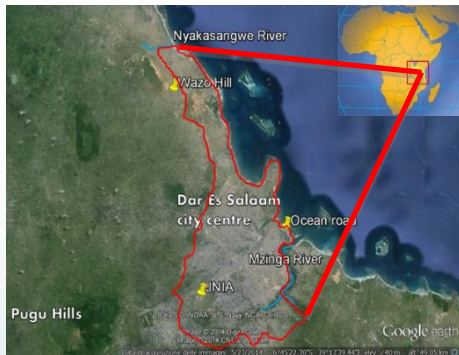


(b)



ACC DAR

L'esperienza di Dar es Salam, il progetto ACC-DAR Adapting to Climate Change in Coastal Dar es Salaam



- *Dar es Salaam: 4,5 milioni di abitanti
Superficie: 1393 km²*
- *Crescente urbanizzazione*
- *Intenso sfruttamento delle acque sotterranee*



WP2: Develop Methodologies for Designing Adaptation Initiatives
Activity 2.2 Develop methodologies for exploring CC vulnerability scenarios
Boreholes monitoring network database

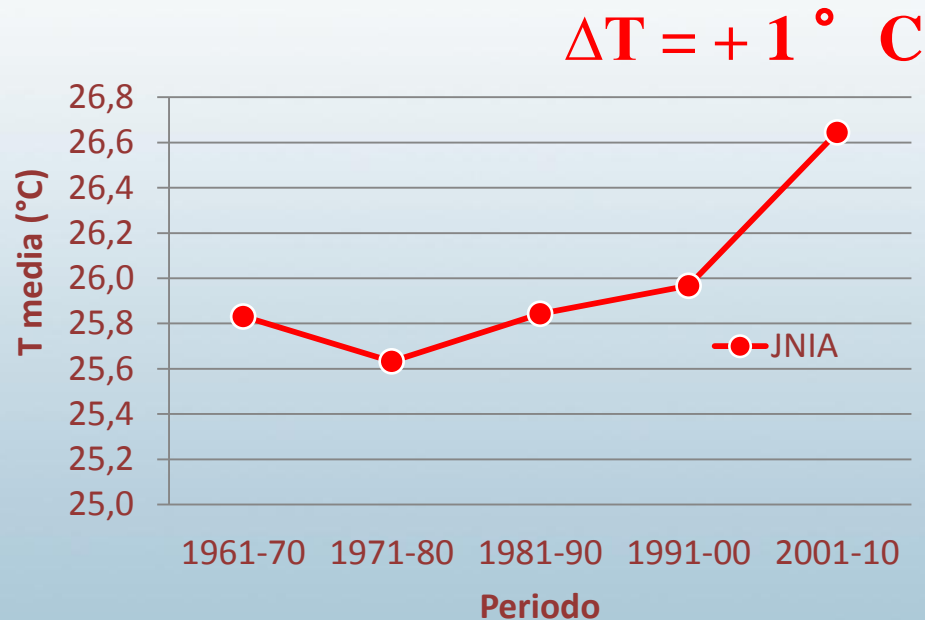
Input data
SWL query
EC query
Lab analysis query

Exit

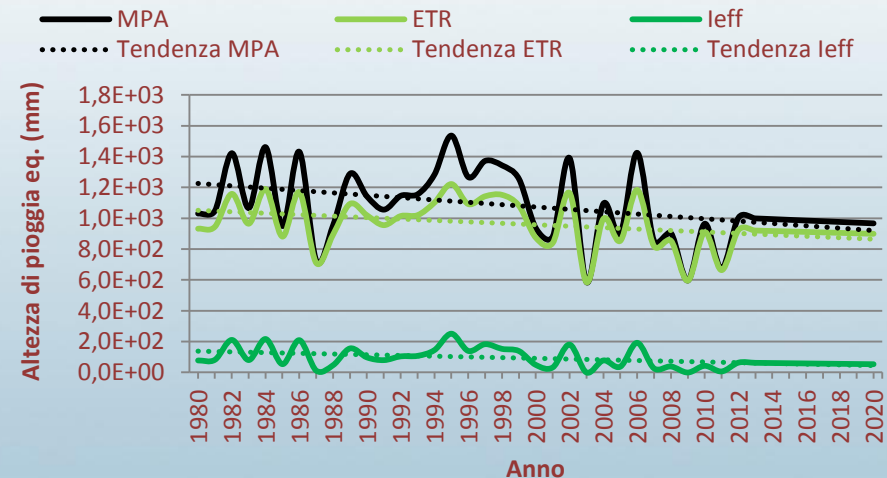
Precipitazione media annua: 1050 ÷ 1100 mm (in Italia ≈ 850 mm)

Effetti del cambiamento climatico

aumento della temperatura media annuale: + 1 ° C nel periodo 1961-2012



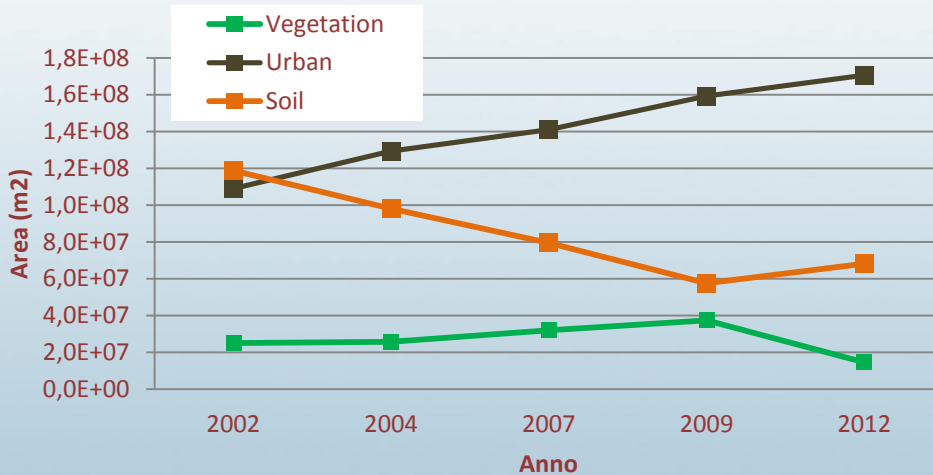
Influenza dell'evapotraspirazione



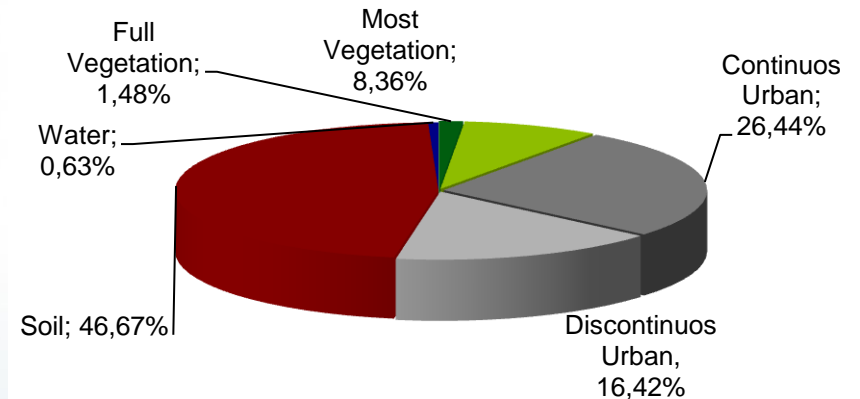


***Effetti del cambiamento climatico
Influenza delle variazioni dell'uso del
suolo (fattore indirettamente legato
al cambiamento climatico (IPCC,
2014)***

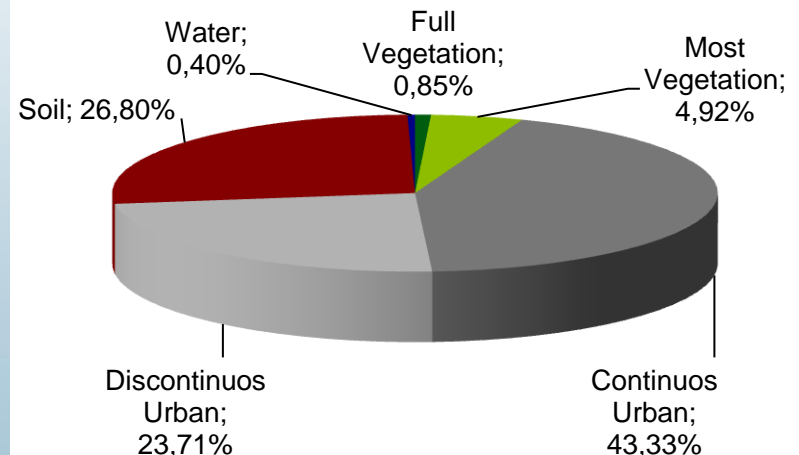
Variazione dell'uso del suolo 2002-2012



Class Land Cover - 2002



Class Land Cover 2012



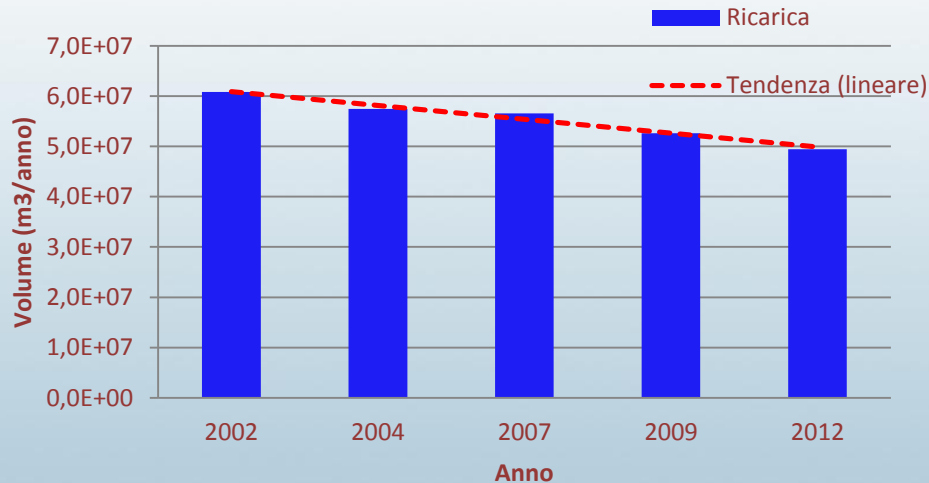


Effetti del cambiamento climatico

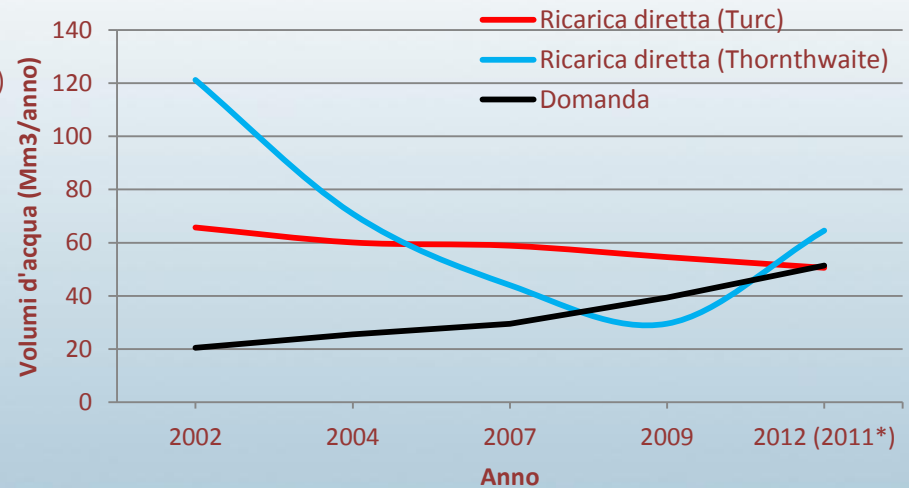
Variatione del volume di ricarica annuale del principale acquifero di Dar es Salaam:

da $6 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{anno}$ (2002) a $4.9 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{anno}$ (2012)

Ricarica dell'acquifero: evoluzione 2002-2012

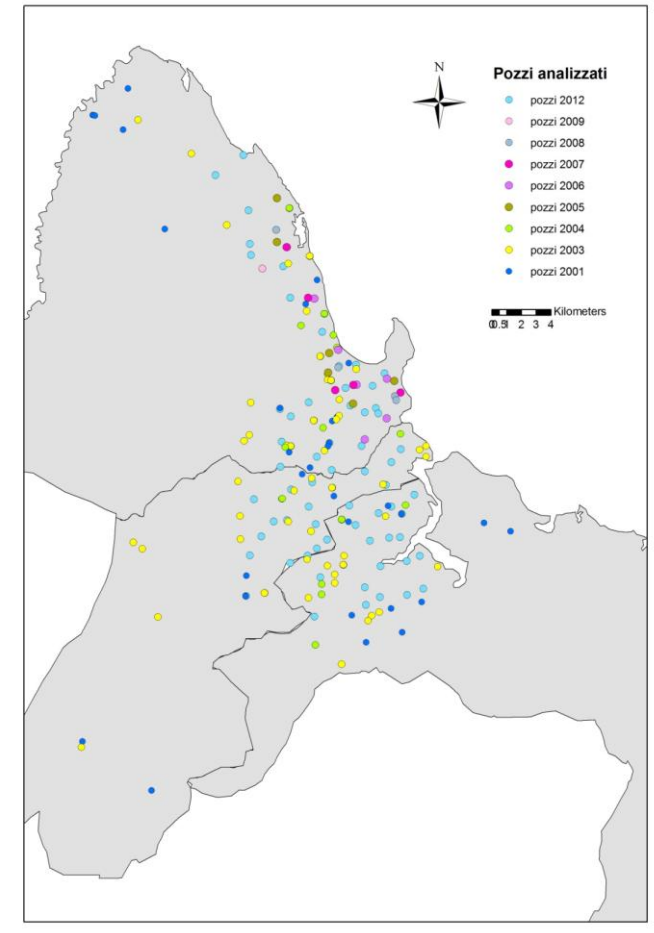


Ricarica vs domanda dal 2002 al 2012



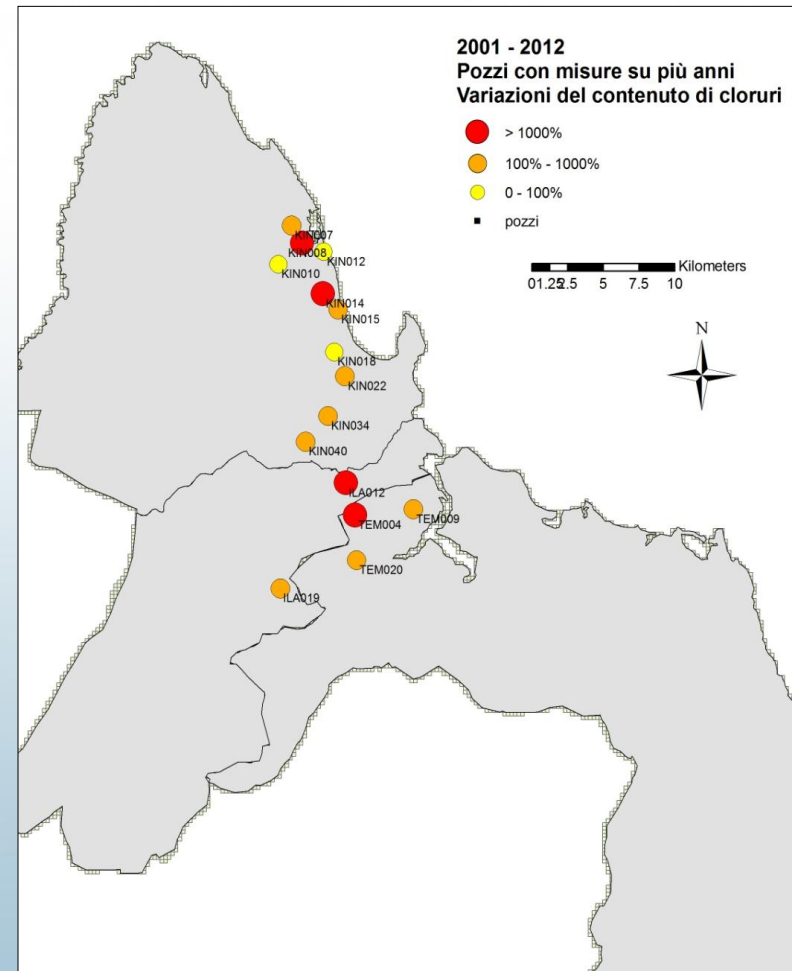
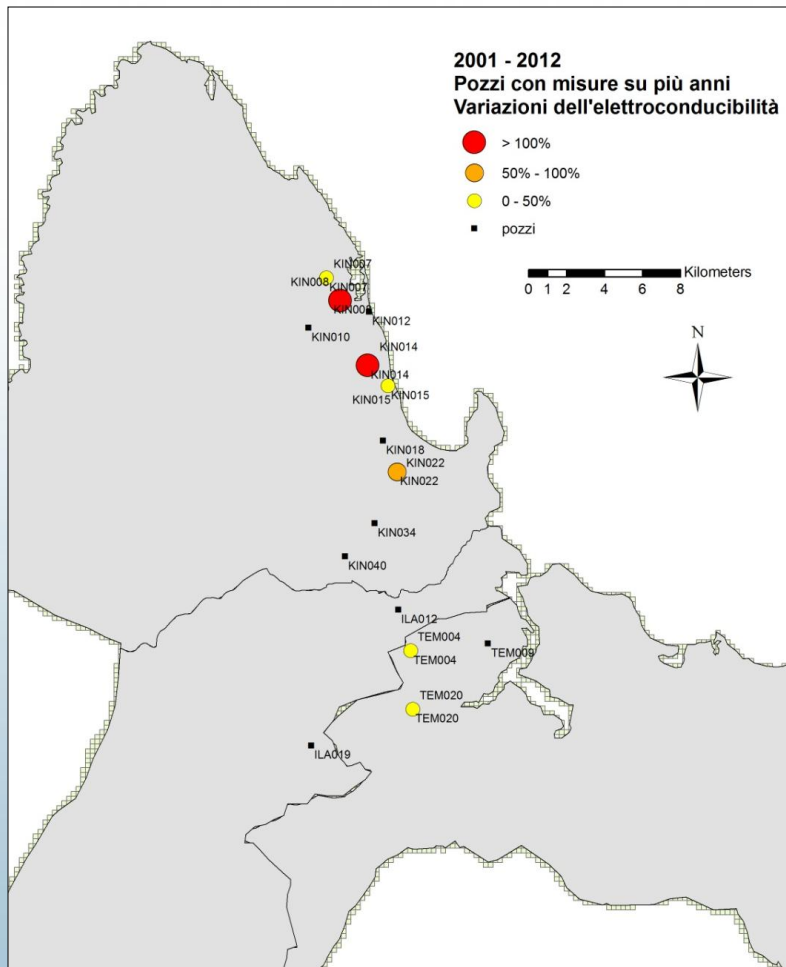
Conseguenze: Aumento dell'intrusione marina nel principale acquifero di Dar es Salaam

Parametri	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Jun-12	Nov-12
numero di campioni	32	6	52	15	8	6	5	4	1	79	71
G (mas)	32	6	52	15	8	6	5	4	1	54	54
depth	32	6	51	15	8	6	5	4	1	33	33
SW m	32	6	51	15	8	6	5	4	1	79	0
T C°	0	0	0	0	0	0	2	1	0	79	0
pH	32	6	52	15	8	6	5	4	1	79	0
EC uS/cm	32	6	52	15	8	6	5	4	1	79	0
Total Filtrate Residue mg/l	1	0	12	6	7	4	4	0	0	0	0
TDS mg/l	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0
Carbonate Hardness mg CaCO ₃	7	6	12	6	7	4	3	2	1	0	0
Non Carbonate Hard. mg CaCO ₃	30	5	39	10	4	5	3	3	1	0	0
Ca (mg/l)	32	6	52	15	8	6	5	4	1	79	71
Mg (mg/l)	32	6	52	15	8	6	5	4	1	79	70
Na (mg/l)	32	6	52	15	8	6	5	4	1	79	70
K (mg/l)	32	6	52	15	8	6	5	4	1	79	70
Fe (mg/l)	26	5	47	15	8	4	5	3	1	0	0
Mn (mg/l)	25	5	21	10	7	2	4	2	0	0	0
NO ₃ (mg/l)	26	4	45	12	8	6	5	4	1	79	71
Cl (mg/l)	32	6	52	15	8	6	5	4	1	79	71
SO ₄ (mg/l)	32	6	52	15	8	6	5	4	1	79	71
PO ₄ (mg/l)	30	4	30	15	8	3	5	0	0	0	0
F (mg/l)	0	0	20	0	0	2	2	2	0	0	0
HCO ₃ (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	71
CO ₃ (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
P (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
ZN (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
MN (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Conseguenze

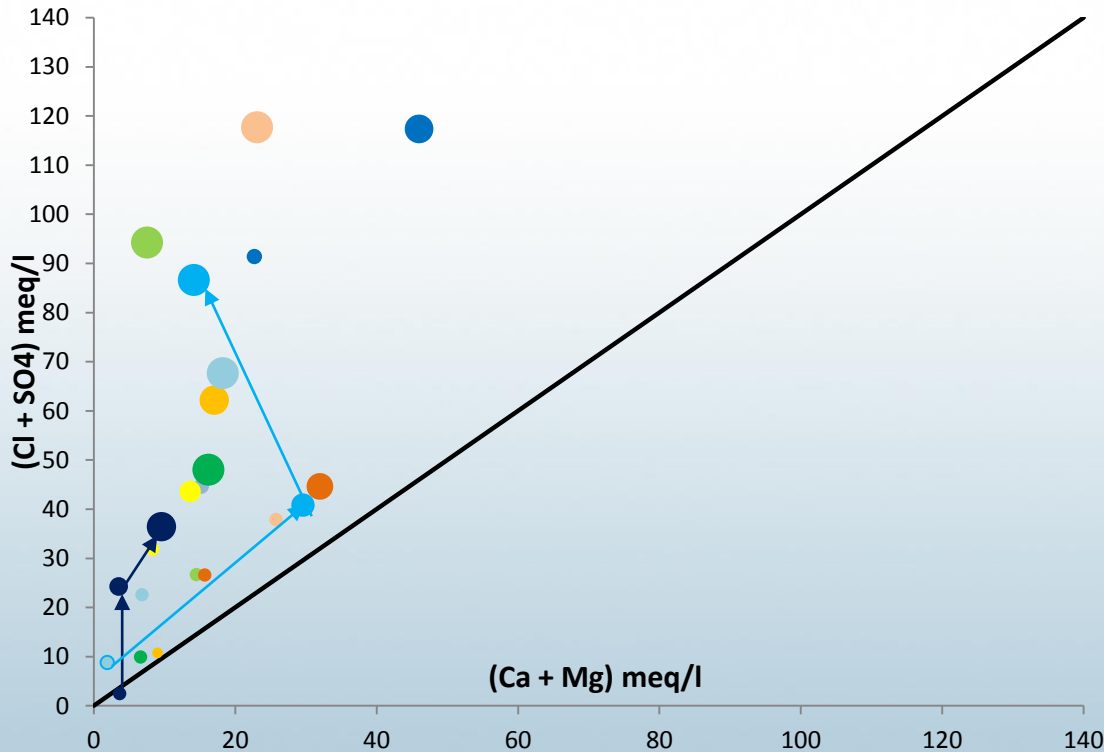
Aumento dell'intrusione marina nel principale acquifero di Dar es Salaam





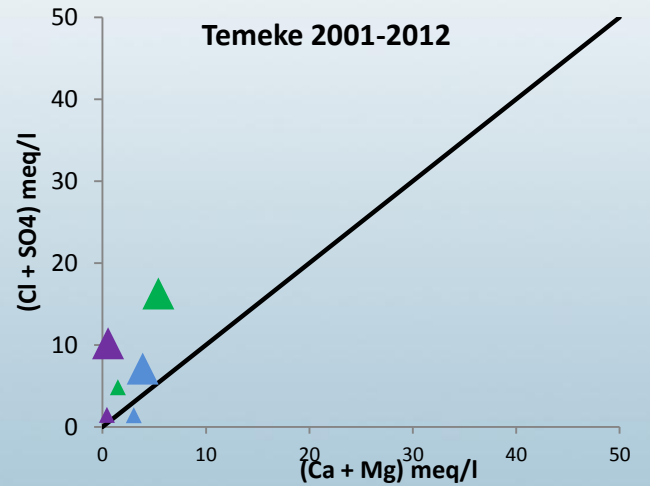
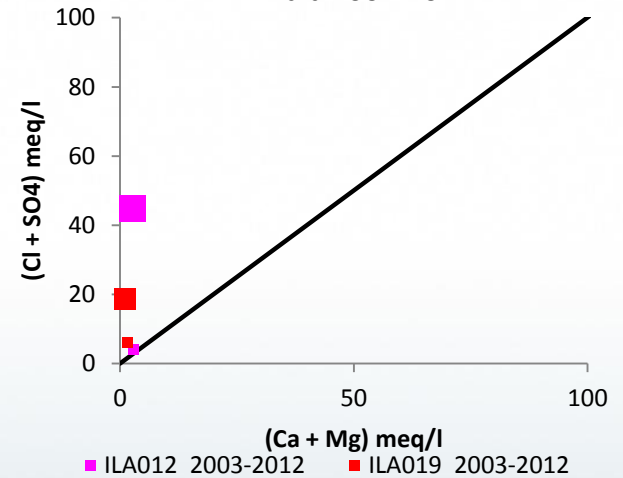
Conseguenze e criticità di analisi

Kinondoni 2001-2012



- KIN012 2003
- KIN012 2012
- KIN014 2004
- KIN014 2007
- KIN014 2012
- KIN022 2003
- KIN022 2012
- KIN034 2003
- KIN034 2012
- KIN018 2003
- KIN018 2012
- KIN040 2003
- KIN040 2012
- KIN015 2004
- KIN015 2012
- KIN008 2005
- KIN008 2007
- KIN008 2012
- KIN007 2008
- KIN007 2012
- KIN010 2009
- KIN010 2012

Ilaala 2001-2012



- ▲ TEM009 - 2001
- ▲ TEM009 - 2012
- ▲ TEM020 - 2003
- ▲ TEM020 - 2012
- ▲ TEM004 - 2004
- ▲ TEM004 - 2012



Che fare?

Best Practices per la gestione delle acque

MAR, Managed Aquifer Recharge



SUDS, Sustainable Urban Drainage Systems



Rainwater Harvesting

