



TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE

***L'INTERRIMENTO DEI LAGHI ARTIFICIALI: ANALISI DELL'INFLUENZA DEGLI INTERVENTI
NEL BACINO IDROGRAFICO SUL TASSO DI SEDIMENTAZIONE***

Tesista: Ing. Gianmichele Rapucci

Relatrice: Prof.ssa Ing. Annamaria Devincenzo

COSTRUZIONE DIGA

- P
- 1
- 2
- 3. Speri
- prob
- 4. Anal

INTERRIMENTO INVASI ARTIFICIALI

I processi fisici alla base di tale fenomeno, le



IRRIGAZIONE



ENERGIA

POTABILE E INDUSTRIALE



RICREATIVO

LAMINAZIONE DELLE PIENE

IMMAGAZZINAMENTO ACQUA



SEDIMENTAZIONE INVASI

PRODUZIONE DI
SEDIMENTI



ALL'IMBOCCO DELL'INVASO

AL DI SOTTO DELLA DIGA



TRASPORTO E
RACCOMANDAMENTO
DEI SEDIMENTI

DEPOSITO DEI
SEDIMENTI

MATERIALE TRASPORTATO AL
FONDO E IN SOSPENSIONE

COMPATTAZIONE E
CONSOLIDAMENTO

CONTINUE ESCURSIONI DEL
LIVELLO D'ACQUA NEL SERBATOIO

AGGIUNTA DI
FISICI/ATMOSFERICI
(VENTO, PIOGGIA,
FORZA DI CORRENTE)



3rd World Water Forum
Kyoto 2003

FOCUS
OF

Continenti	Tasso di sedimentazione medio annuo (%)	Anno (80% perdita c. di invaso, dighe per energia idroelettrica)	Anno (70% perdita c. di invaso, dighe per altri usi)
Asia	0.85	2100	2090
Europa	0.79	2035	2025
Australia & Oceania	0.94	2070	2080
Central America	0.74	2060	2040
South America	0.73	2080 ^a	2060 ^a
Middle East	1.02	2060	2030
North America	0.68	2060	2070
South America	0.75	2080	2060
* Inclusa la Russia			

OBIETTIVO:
GESTIONE DEI SEDIMENTI PER
CONSERVARE LA CAPACITA' DI INVASO
IL PIU' A LUNGO POSSIBILE

SERBATOI A VITA LIMITATA IN
STRUTTURE A VITA ILLIMITATA E

RECUPERO DEI SERBATOI
COMPLETAMENTE INTERRITI

60 km³ ← 1% VOLUME D'ACQUA PERSO
OGNI ANNO

40 – 50 anni

Warning!!!

2009

TECNICHE DI MITIGAZIONE DELLA SEDIMENTAZIONE DEI SERBATOI

STRATEGIE DI DIFESA ATTIVA

PREVENGONO O
RIDUCONO IL
FENOMENO DELLA
SEDIMENTAZIONE

STRATEGIE DI DIFESA PASSIVA

SI ATTUANO QUANDO
IL FENOMENO DELLA
SEDIMENTAZIONE E'
GIÀ AVVENUTO

STRATEGIE DI DIFESA ATTIVA

REALIZZATE

NEL BACINO IDROGRAFICO A MONTE DELLA DIGA

MISURE ESTENSIVE

INTERVENTI AGRARIO-FORESTALI



OBIETTIVO: RIDURRE L'EROSIONE SUPERFICIALE

**RIMBOSCHIMENTI
RINVERDIMENTI DELLE SPONDE DEI FIUMI**

PRIMA

DOPO

PRIMA

DOPO

MISURE INTENSIVE

OPERE IDRAULICHE REALIZZATE NELLA RETE IDROGRAFICA



OBIETTIVO: RIDURRE L'EROSIONE DEI CORSI D'ACQUA, STABILIZZARE GLI ALVEI E RAGGIUNGERE L'EQUILIBRIO TRA CAPACITA' DI TRASPORTO E VOLUME SOLIDO IN TEMPI RAPIDI

BACINI DI FONDOIE



STRATEGIE DI DIFESA PASSIVA

— ATTUATE —

ALL'INTERNO DELL'INVASO IN VIA DI
SEDIMENTAZIONE

ATTATVERSO LA RIMOZIONE FISICA DEI SEDIMENTI ACCUMULATI NEL SERBATOIO

FLUSHING

APERTURA DEGLI SCARICHI DI FONDO DELLA
DIGA IN MODO DA GENERARE UNA CORRENTE
D'EVAQUAZIONE DI ACQUA + SEDIMENTO



DRAGAGGIO

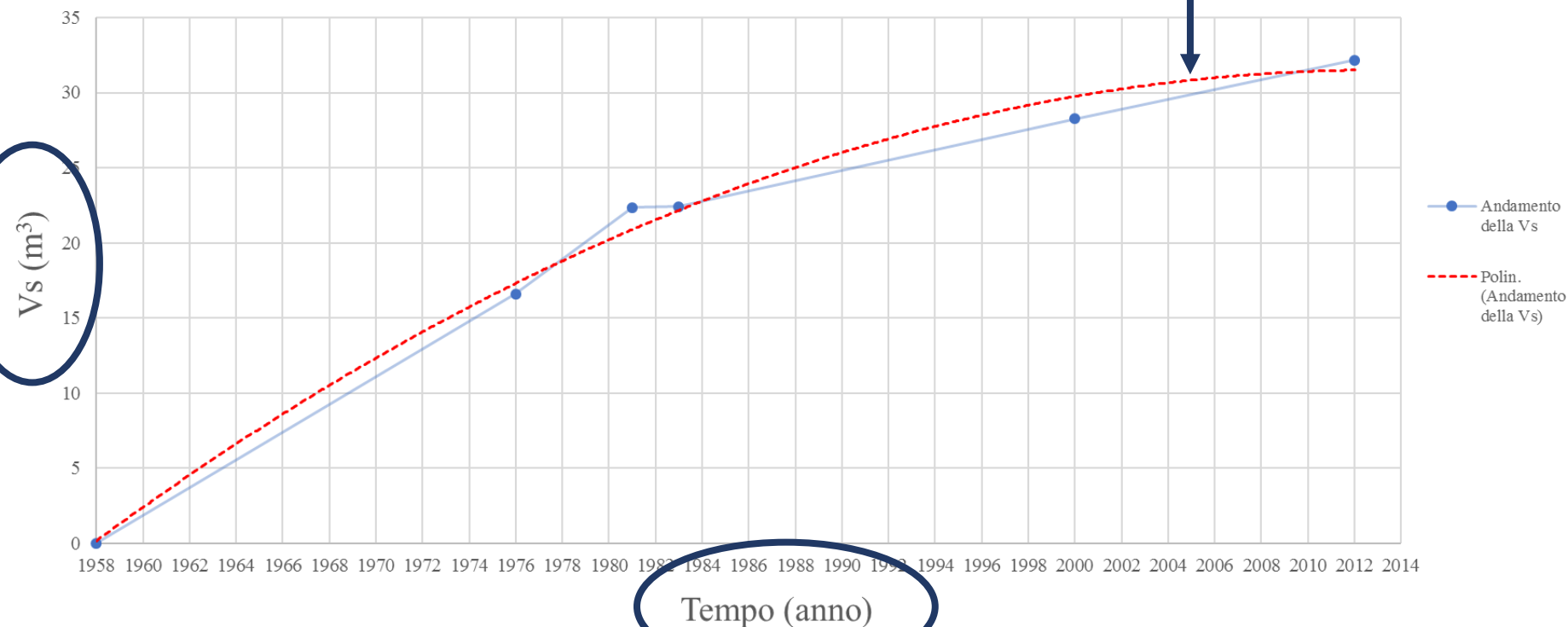
UTILIZZO DI DRAGHE MECCANICHE



OBIETTIVO DEL LAVORO DI TESI

STUDIO DELL'INFLUENZA DEGLI INTERVENTI DI DIFESA ATTIVA E PASSIVA
SULL'ANDAMENTO DELLA CURVA DI SEDIMENTAZIONE NEL TEMPO

ANDAMENTO DELLA CURVA DI SEDIMENTAZIONE - SERBATOIO VAIGAI, INDIA



CAPACITA' DI TRAPPING
DEI
SERBATOI

**STUDIO DI 19 DIGHE
LOCALIZZATE IN DIVERSE
ZONE GEOGRAFICHE DEL
MONDO**

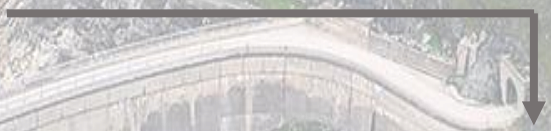
**7 DIGHE IN ASIA
MERIDIONALE
INDIA**

**4 DIGHE IN ASIA
ORENTALE
CINA**

**3 DIGHE IN
AMERICA**

**3 DIGHE NEL CONTINENTE
EUROPEO
ITALIA, REGNO UNITO,
TURCHIA**

**2 DIGHE IN
AFRICA**



SERBATOIO DEL PONG



SERBATOIO GOBINDSAGAR



SERBATOIO SANMENXIA



SERBATOIO DI PANONGDI



SERBATOIO DELLA CAMASTRA



SERBATOIO SEESWOOD



SERBATOIO CHIMHANDA



SERBATOIO WELBEDACHT



PROCEDIMENTO DI ANALISI DELLE 19 DIGHE

1. DESCRIZIONE GEOGRAFICA, GEOLOGICA E CLIMATICA DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO DAI SERBATOI IN STUDIO
2. DIMENSIONI GEOMETRICHE E PROPRIETA' DI INVASO DEI SERBATOI (PROFONDITA', B×H, LIVELLO D'ACQUA, CAPACITA' TOTALE, VOLUME DI INVASO UTILE E MORTO);
3. RICERCA IN BIBLIOGRAFIA, ATTRAVERSO RIVISTE SCIENTIFICHE INTERNAZIONALI, DEI VOLUMI DI SEDIMENTAZIONE MEDI ANNUALI PER OGNI SERBATOIO

SE ASSENTI, DETERMINATI INDIRETTAMENTE UTILIZZANDO I VALORI DELLA CAPACITA' DI INVASO

SERBATOIO DEL VAIGAI, INDIA						
Anni in progressione	Periodo di tempo (anno)	Anno	Capacità di invaso (10 ⁶ m ³)	ΔVs (10 ⁶ m ³)	Vs (10 ⁶ m ³)	Ts (10 ⁶ m ³ /anno)
0	0	1958	194.785	0	0	0
18	18	1976	178.191	16.594	16.594	0.921888889
23	5	1981	172.439	5.752	22.346	1.1504
25	2	1983	172.38	0.059	22.405	0.0295
42	17	2000	166.5334	5.8466	28.2516	0.343917647
54	12	2012	162.62	3.9134	32.165	0.326116667

CALCOLATI ATTRAVERSO:

- CAMPAGNE DI RILEVAMENTO BATIMETRICO DA NATANTE;
 $\Delta Vs = Cl_y - Cl_j \longrightarrow Vs = \Delta Vs_y + \Delta Vs_j$
- STAZIONI DI MISURA DELLA TORBIDITA';
- TELERILEVAMENTO SATELLITARE

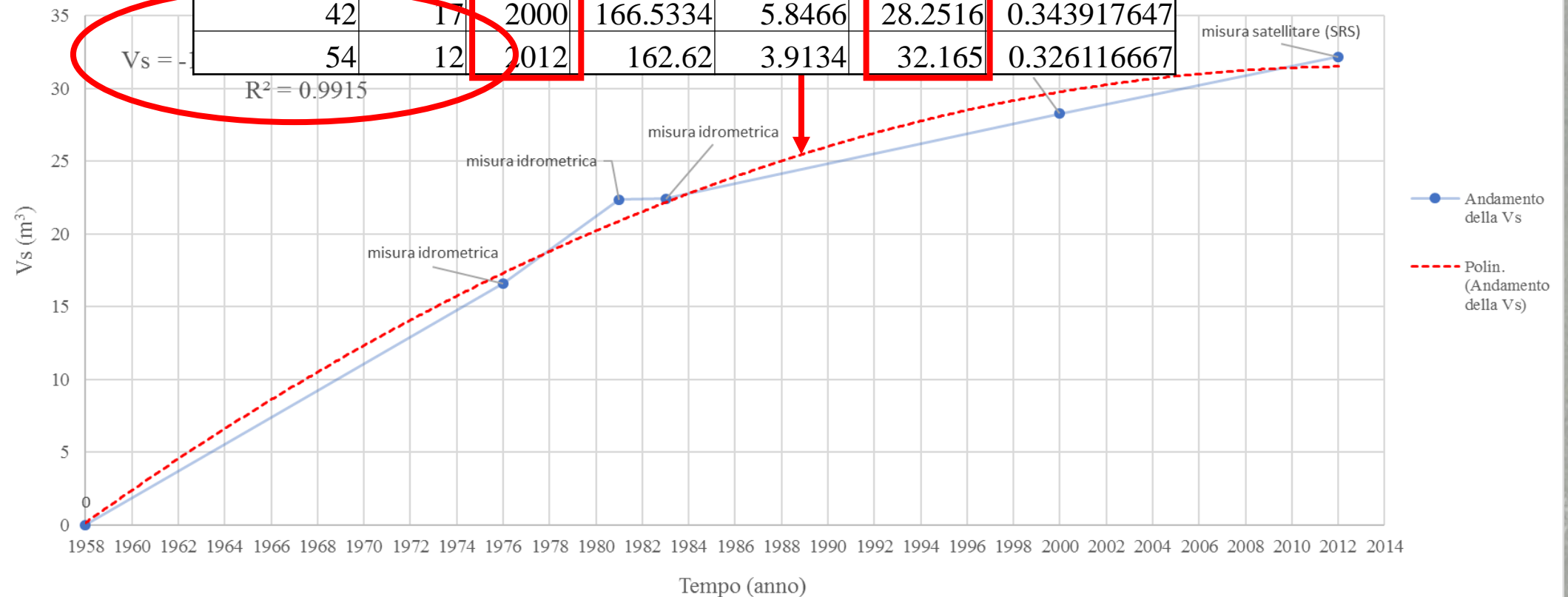
SERBATOIO DEL VAIGAI, INDIA

Anni in progressione	Δt (anno)	Anno	C_i (10 ⁶ m ³)	ΔV_s (10 ⁶ m ³)	V_s (10 ⁶ m ³)	T_s (10 ⁶ m ³ /anno)
0	0	1958	194.785	0	0	0
18	18	1976	178.191	16.594	16.594	0.921888889
23	5	1981	172.439	5.752	22.346	1.1504
25	2	1983	172.38	0.059	22.405	0.0295
42	17	2000	166.5334	5.8466	28.2516	0.343917647
54	12	2012	162.62	3.9134	32.165	0.326116667

**CURVA DI INTERPOLAZIONE PER
DESCRIVERE L'ANDAMENTO DEI DATI**

EQUAZIONE MATEMATICA

**RAPPRESENTAZIONE GRAFICA
DELL'ANDAMENTO DELLA V_s
NEL TEMPO**

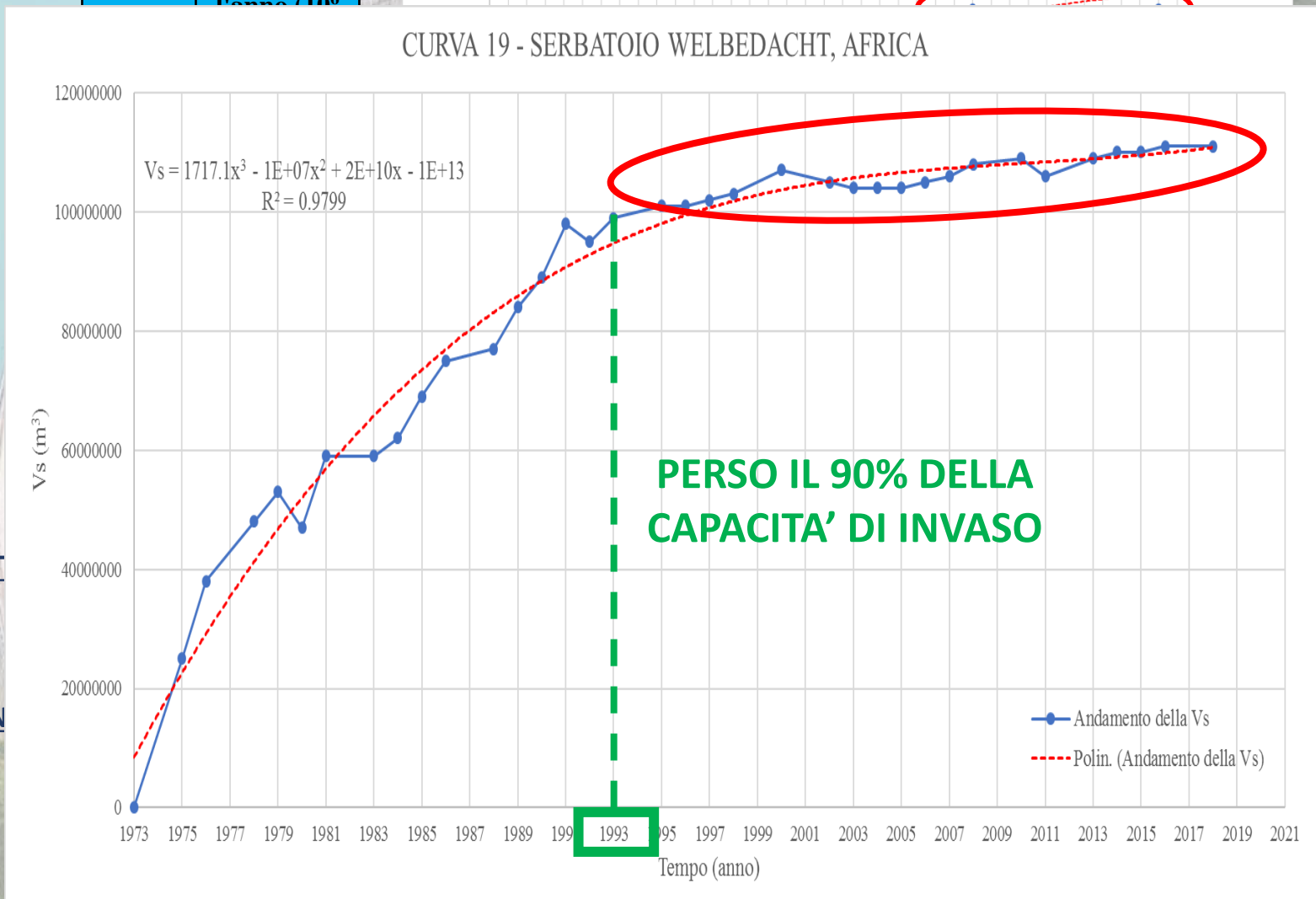


CONFRONTO DELLE 19 CURVE DI SEDIMENTAZIONE IN FUNZIONE DEL TEMPO: OSSERVAZIONI

1. 13 DIGHE SU 19 PRESENTANO UGUALE ANDAMENTO DELLA CURVA DI SEDIMENTAZIONE:



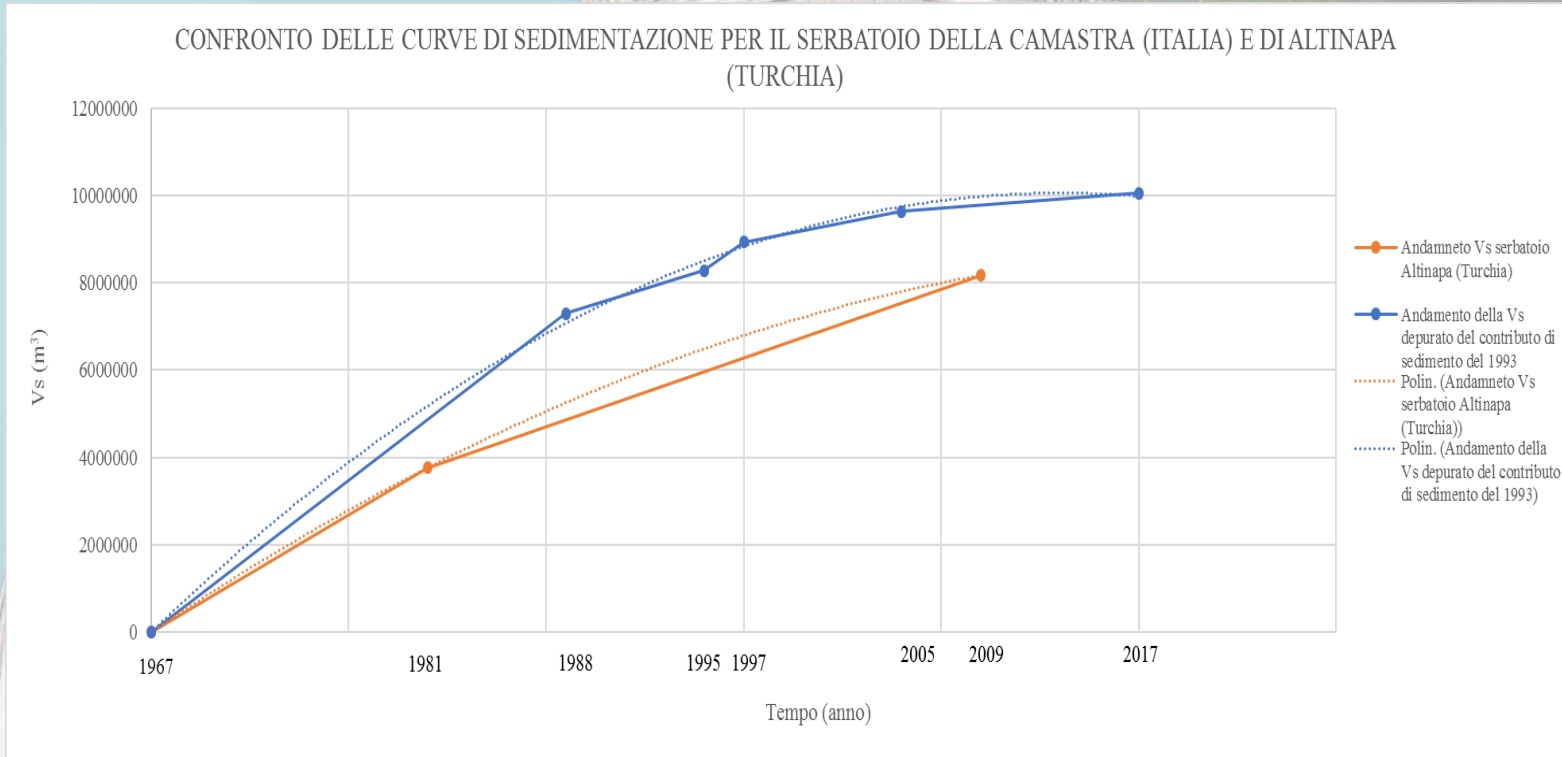
Anno	Tasso di sedimenti litro/m ² /anno (10 ⁶)
------	---



CONFRONTO DELLE 19 CURVE DI SEDIMENTAZIONE IN FUNZIONE DEL TEMPO: OSSERVAZIONI

2. LA COMBINAZIONE DI CARATTERISTICHE ANALOGHE DI TIPO:

- GEOLOGICO (ENTRAMBI PRESENTANO BACINO IDROGRAFICO COLLINARE);
- CLIMATICO (ENTRAMBI HANO UN CLIMA RIGIDO IN INVERNO E MITE D'ESTATE);
- VOLUMETRICO (ENTRAMBI HANNO LA STESSA CAPACITA' DI INVASO);
- GEOGRAFICO (ENTRAMBI SI TROVANO ALLA STESSA LATITUDINE)



EQUAZIONE CURVA DI SEDIMENTAZIONE:

INVASO DELLA CAMASTRA

$$Vs = -4732,6X^2 - 436419X$$

INVASO DELL'ALTINAPA

$$Vs = -2652,1X^2 - 306055X$$

CURVE DI SEDIMENTAZIONE SIMILI



CONFRONTO DELLE 19 CURVE DI SEDIMENTAZIONE IN FUNZIONE DEL TEMPO: OSSERVAZIONI

3. 6 DIGHE SU 19 PRESENTANO UN ANDAMENTO DELLA CURVA DI SEDIMENTAZIONE LINEARE CRESCENTE (PER PICCOLI E GRANDI INVASI)

I RISULTATI CITATI RICHIEDONO UNA RICERCA PIÙ APPROFONDIRITA, COINVOLGENDO UN MAGGIOR NUMERO DI DIGHE, PER QUESTO MOTIVO IL LAVORO DI TESI VUOLE ESSERE UNO SPUNTO PER

INTRAPRENDERE NUOVI STUDI SCIENTIFICI VOLTI ALLA SALVAGUARDIA DEGLI INVASI DALL'AGGRESSIONE DELL'INTERMENTO



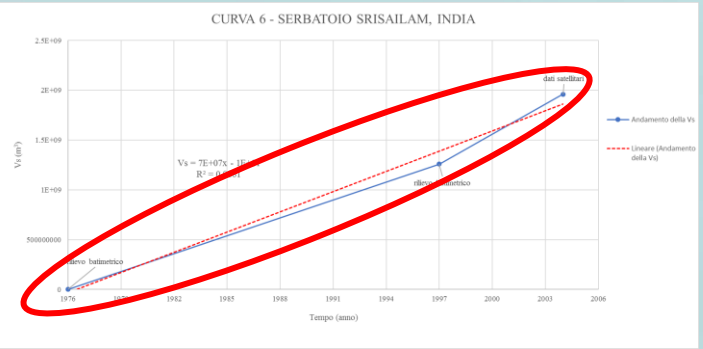
SERBATOIO GOBINDSAGAR, INDIA $S = 168,35 \text{ km}^2$



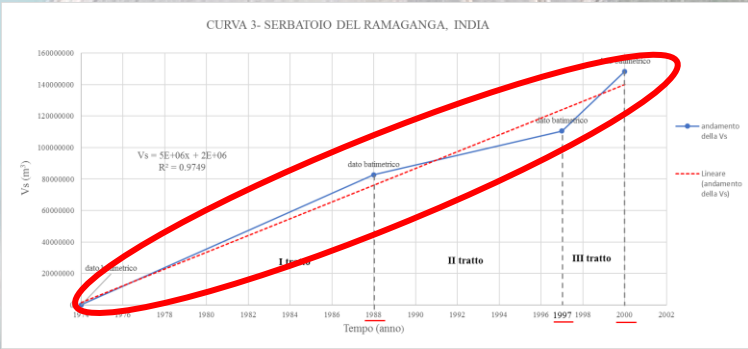
SERBATOIO HIRAKUD, INDIA $S = 743 \text{ km}^2$



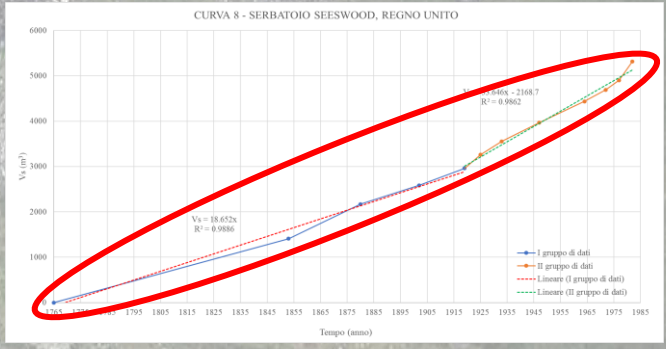
SERBATOIO PONG, INDIA $S = 260 \text{ km}^2$



SERBATOIO SRISAILAM, INDIA $S = 616 \text{ km}^2$



SERBATOIO RAMGANGA, INDIA $S = 78,31 \text{ km}^2$



SERBATOIO SEESWOOD, REGNO UNITO $S = 0,067 \text{ km}^2$

A CAUSA DI UN USO DEL SUOLO INAPPROPRIATO (FORTE DEFORESTAZIONE E INTENSO SFRUTTAMENTO DEI TERRINI AGRICOLI) + MANCATA PROGRAMMAZIONE DI INTERVENTI AGRARIO-FORESTALI E IDRAULICI

The background of the slide is an aerial photograph of a massive curved dam, likely the Sesto San Giovanni Dam in Italy. The dam is a light grey concrete structure with a series of buttresses, curving along the edge of a turquoise lake. The surrounding landscape is rugged and mountainous, with green grassy slopes and rocky outcrops. A winding road is visible in the lower part of the image.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE