

# **Möglichkeiten zur Reduzierung des Schwebstoffeintrags in Speicherbecken: Eine Fallstudie für einen Speicher im Einzugsgebiet des Kulfo Flusses, Äthiopien**

## **Possibilities to Reduce Suspended Sediment Loads into Reservoirs: A Case Study for a Single Reservoir in the Catchment of Kulfo River, Ethiopia**

---

Kurzfassung und Thesen

Abstract and theses

der

Dissertation

eingereicht an der  
Fakultät Bauingenieurwesen der  
Technischen Universität Dresden

von  
Msc. Binyam Yoseph Gebreselassie  
geboren am 08. August 1968 in Addis Ababa, Äthiopien

zur Erlangung des Würde eines  
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

## KURZFASSUNG

Ein isolierter Eingriff in das System „Einzugsgebiet-Fluss-Speicher“ führt nicht zu einer nachhaltigen Lösung, da Maßnahmen im Einzugsgebiet den Sedimenttransport – speziell die Transportkapazität und das Transportvermögen – im Teilsystem Fluss auch verändern. Gleichermaßen leisten isolierte flussbauliche Maßnahmen nur einen begrenzten Beitrag zur Regulierung des Sedimentvolumens, das in einem Speicher eingetragen wird. Im Gegensatz dazu ermöglicht die integrale Betrachtung des Systems „Einzugsgebiet-Fluss-Speicher“ die Untersuchung des Sedimentationsprozesses von der Ursache bis zur Ablagerungsstelle. Der Ansatz ist weiterhin hilfreich für die Lokalisierung ursächlicher Sedimentquellen, für die Auswahl und Bereitstellung geeigneter Reduktionsmaßnahmen, für das Monitoring der Maßnahmen bezüglich ihrer Stabilität und Wirksamkeit sowie für die nachhaltige Ertüchtigung und Verstärkung der sedimentliefernden Bereiche des Einzugsgebiets.

Die Komplexität eines Sedimentationsmanagements bei Speichern lässt sich durch Rückkopplung und Verknüpfung ereignisbasierter Reaktionen der Teilsysteme „Einzugsgebiet“ (Sedimentbereitstellung), „Fluss“ (Sedimenttransport) und „Speicher“ (Sedimenttransport und –ablagerung) approximieren. Eine Minimierung der Speichersedimentation im System „Einzugsgebiet-Fluss-Speicher“ kann erreicht werden, indem man die Sedimenttransportinformationen am Einlauf des Reservoirs erfasst und für die Lokalisierung der Sedimentursprungsgebiete sowie für die Auswahl von geeigneten baulichen Maßnahmen und Bepflanzungsmethoden sowie für die Änderungen der Bodenfeuchteverhältnisse verwendet. Dadurch kann eine maximale Reduzierung des Sedimenteintrags bei gleichzeitiger minimaler Änderung des Oberflächenabflussvolumens realisiert werden. Eine Verknüpfung der Einzugsgebietsreaktionen mit Maßnahmen zur Sedimentberäumung trägt weiterhin zur nachhaltigen Gewährleistung des Speichervolumens, das für die geplanten Nutzungen notwendig ist, bei.

Die Dissertation beinhaltet Entwurfsüberlegungen zur Sedimentationsminimierung in Speicherbecken, die auf der Verknüpfung des Einzugsgebiets (Ursache) und des Speichers (Ablagerungsstelle) basieren. Die Entwurfsüberlegungen zur Minimierung des Sedimenttransports aus dem Einzugsgebiet basieren auf Konzepten, die von ausgewählten strategischen Reduktionsmaßnahmen im Vorland und im Flussbett abgeleitet wurden. Trotz der strategischen Interventionsmaßnahmen gelangt ein wesentlicher Teil des Sediments noch immer in das Reservoir. Aus diesem Grund war die Entwicklung eines funktionalen Verständnisses der Kopplung der Einzugsgebietreaktionen mit denen des Reservoirs ein wesentlicher Bestandteil der durchgeführten Untersuchungen. Dieses wurde in Sedimentationssimulationen im Planzustand und unter Berücksichtigung gezielter Sedimentberäumungen zur Gewährleistung des notwendigen Speichervolumens implementiert und nachgewiesen.

Zu diesem Zweck wurden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- i) Konzeptualisierung der Verknüpfungen zwischen der Sedimentquelle (Einzugsgebiet) und der Sedimentablagerungsstelle (Reservoir) unter Berücksichtigung von Eingriffen in den Sedimentursprungsgebieten und der daraus resultierenden Änderungen im Sediment- und Oberflächenabflussvolumen sowie der Änderungen bezüglich der ursprünglichen Speicherkapazität des Reservoirs (im Ausgangszustand, ohne Eingriffe),
- ii) Sedimentationssimulationen mit einer einfachen Methode zur Berücksichtigung der Sedimentationseffekte und zur Identifizierung der beeinflussenden Faktoren, die in der Planungsphase zu berücksichtigen sind, um Maßnahmen des Sedimentmanagements zur Erhaltung des Stauraums bestmöglich umsetzen zu können,
- iii) Verwendung eines einfachen Ansatzes zur Erklärung funktionaler Prozesse zwischen der Quelle und dem Sedimentablagerungsgebiet und zur Modellierung einer prozessbasierten Sedimentationsminimierung im Reservoir zur Unterstützung des Ingenieurs in der Planungsphase. Die Forschung richtet sich nicht nur auf die Modellierung der Sedimentation eines Reservoirs, sondern vielmehr auch auf die Modellierung der Prozesse zwischen den untrennbar wechselwirkenden Teilsystemen zur Minimierung der Sedimentationsprozesse unter Anwendung einer einfachen Methode (Modellierung des Prozesses zur Sedimentationsminimierung),
- iv) Verknüpfung der Einzugsgebietsreaktionen für verschiedene vorherrschende Regenereignissen mit Sedimentberäumungsmaßnahmen unter Berücksichtigung des verfügbaren Speichervolumens bei erfolgter Verlandung des Reservoirs und
- v) Ableitung funktionaler hydraulischer Prozesse durch Kopplung dynamisch wechselwirkender Systemantworten zum Verständnis der Speicherbeckensedimentation.

Die Dissertation verfolgt detailliert das Forschungsziel durch Betrachtung dynamisch wechselwirkender Teilsysteme (Einzugsgebiet – Speicher) für das Sedimentationsmanagement von Speicherbecken auf Grundlage eines detaillierten mathematischen Ansatzes zur Berechnung des Sedimenttransports im Einzugsgebiet mit und ohne mögliche Interventionsmaßnahmen. Weiterhin werden mathematische Grundlagen für morphologisch induzierte Veränderungen des Sedimenttransports, des Oberflächen- und des Untergrundabflusses sowie der Oberflächencharakteristiken gegeben. Die Anwendbarkeit des physikalisch basierten räumlich verteilten Erosionsmodells für das Sedimentmanagement im Teilsystem des Einzugsgebiets mit verschiedenen Elementen im Vorland und im Fluss, Oberflächenarten und einer modifizierten Bodenfeuchteverteilung wurde ebenfalls untersucht. Mit dem Ziel einer Steigerung des Verständnisses bezüglich von Sedimentationsprozessen erfolgte die Formulierung eines detaillierten Modells zur Simulation der Speicherbeckensedimentation unter Berücksichtigung spezieller Komponenten wie z. B.

- i) die Delta-Entwicklung,
- ii) die Aggradation der Speichersohle,
- iii) der Verlandungsgrad,

- iv) die Veränderung der Flussbettbreite,
- v) die Schichtdicke und das Ablagerungsvolumen nach jedem Zuflussereignis,
- vi) die Sediment-Wasser-Ablaufberechnung

Weiterhin wird eine Sensitivitätsanalyse bezüglich des Abflusses und geometrischer Parameter vorgestellt, um eine Priorisierung wesentlichen Einflussgrößen im Prozess der Sedimentationsminimierung in dem Speicherbecken vornehmen zu können. Die Modellanwendung wird für ein Reservoir unter Verwendung von Daten realer Zeitreihen, die im südlichen Äthiopien im "Rift Valley"-Gewässersystem erfasst wurden, demonstriert. Sämtliche Ergebnisse der Arbeit werden abschließend zusammengefasst.

## THESEN

1. Die gekoppelte Betrachtung von Speicherbecken und Einzugsgebiet erlaubt die Konzeptualisierung der Verknüpfungen zwischen der Sedimentquelle (Einzugsgebiet) und dem Ablagerungsgebiet (Reservoir) unter Berücksichtigung von Maßnahmen im Ursachengebiet, den daraus folgenden Veränderungen im Sediment- und Oberflächenabflussvolumen sowie des ursprünglich vorhandenen Speichervolumens (im Ausgangszustand) des Speichers. Des Weiteren kann die Reduzierung der Oberflächenabflussfülle bereits in der Planungsphase des Speichers (z. B. Anhebung der Kronenhöhe des Absperrbauwerks) berücksichtigt werden.
2. Die Verknüpfung der Einzugsgebietsreaktionen bei verschiedenen, vorherrschenden Niederschlagsereignissen mit Maßnahmen der Sedimentberäumung, die auf der Verfügbarkeit des Speichervolumens des Reservoirs bei erfolgter Sedimentation basieren, ermöglicht ein Sedimentationsmanagement auf Grundlage von aktualisierbaren Daten.
3. Aufgrund wechselnder Niederschlagsereignisse verändern sich das Sediment- und das Abflussvolumen ständig. Die dadurch induzierten Erosions- und Ablagerungsprozesse verändern auch die Geländeoberfläche bezüglich der Höhe und der Landnutzung (beeinflusst durch Bevölkerungsexplosion und infrastrukturelle Expansion). Damit verbundene Veränderungen der Vegetationsdecke und der Bodenfeuchteverteilung bewirken wiederum Veränderungen im Sediment- und Abflussvolumen.
4. Die durch morphologische Prozesse hervorgerufene Umgestaltungen der Wasserläufe beeinflussen die Fließzeiten und bewirken Veränderungen in den Abflüssen und in der Transportkapazität.
5. Die komplexe Problemstellung der Verlandung von Speichern kann durch den wechselseitigen Austausch von Informationen zur Abflusscharakteristik zwischen der Quelle (Einzugsgebiet) und der Mündung (Speicherbecken) erfasst werden. Eine moderne GIS-Anwendung ermöglicht die Erfassung und Rückverfolgung von Veränderungen im Sedimenthaushalt des Einzugsgebiets auf Grundlage von Messungen der Sediment- und Abflussvolumen am Einlaufbereich des Reservoirs.
6. Es ist möglich, die Verringerung des Sedimentvolumens, die durch konstruktive Eingriffe auf dem Vorland und im Fließgewässer, durch Bepflanzungsmethoden und durch Veränderung der Bodenfeuchteverteilung herbeigeführt werden kann, quantitativ zu bestimmen. Informationen zu Fließvorgängen nach den Eingriffen und der Abfluss aus dem Reservoir werden verwendet, um die maximale Reduzierung des Sedimenttransports und der Abflussfülle am Einlauf des Reservoirs zu berechnen.

7. Es ist möglich, die prozentuale Vegetationsdecke und die notwendigen konstruktiven Maßnahmen auf dem Vorland und im Fließgewässer zu bestimmen, womit eine minimale Reduktion des Abflusses bei gleichzeitiger maximaler Reduktion des Sedimentvolumens erreicht werden kann.
8. Die Stabilisierung des Einzugsgebiets und der Erhalt morphologischer Gleichgewichtsbedingungen für die Kalibrierung und Validierung des Erosionsmodells (im Gegensatz zur momentanen Kalibrierung am Auslauf des Einzugsgebiets) wurde in den computergestützten Simulationen beobachtet. Eine langfristige Stabilisierung des Einzugsgebiets wurde durch ein reduziertes Gefälle, eine Verlängerung der Fließzeiten, einen verringerten Abfluss und eine reduzierte Transportkapazität bei gleicher Abflussfülle erreicht.
9. Ein Paradigmenwechsel von der Verwendung eines einzelnen Wertes (langfristiger Durchschnittswert) hin zu Werten, die aufgrund der Landnutzung, der Niederschlagsereignisse und der Geländemorphologie einer ständigen Veränderung unterliegen, wurde festgestellt.
10. Sowohl der Hortonsche Landoberflächenabfluss (Horton-Abfluss) als auch der gesättigte Oberflächenabfluss müssen bei der Bodenfeuchteverteilung, bei der Stabilisierung der Einzugsgebietsregion und bei der Vorabanalyse zur Auswahl geeigneter Bereiche für die Umsetzung konstruktiver Maßnahmen berücksichtigt werden.
11. Es ist möglich, die Ursachen und Mittel zur Vermeidung des Bodenabtrags sowie Maßnahmen eines Sedimenttransport- und eines Sedimentablagerungsmanagements zu benennen.
12. Bereits während der Planungsphase ist eine Bestimmung von Entwurfsparametern für eine Sedimentationsminimierung möglich.
13. Die Einzugsgebiet-Reservoir-Kopplung ist ein einfacher, neuer Ansatz, der eine Verknüpfung der Sedimentquelle bis zur Ablagerungsstelle sowie auch entgegen gerichtete Analysen zur Bestimmung von Ursachen und Hilfsmaßnahmen gestattet.
14. Obwohl sich das Untersuchungsgebiet in einer anderen klimatischen Region befindet als das Gebiet, das dem bestehenden, physikalisch-basierten und räumlich-orientierten Simulationsprogramm (E3D) zur Abschätzung der Sedimentbilanz zu Grunde liegt, wurde durch Analyse eines Datensatzes, der bodenphysikalische, oberflächenbezogene und wasserbezogene Parameter enthält, eine Anwendbarkeit dieses Simulationsprogrammes nachgewiesen. Darüber hinaus wurde es für Untersuchungen zu Möglichkeiten der Kopplung von Erosionsmodellen zum Sedimentmanagement und zur Ableitung erweiterter Funktionalitäten verwendet.

15. Der komplexe Prozess der Speicherverlandung wurde mit Hilfe neuer Erkenntnisse, die durch numerische Simulationen und experimentelle Studien zur Speicherverlandung gewonnen wurden, untersucht, um ein erweitertes Verständnis dieses wissenschaftlichen Problems (Speicherverlandung) herbeizuführen.
16. Der systematische Ansatz eines dynamisch-bezogenen Sedimentationsmanagements bei Speichern liefert gute Ergebnisse für reale, zeitabhängige Parameter, was durch Verknüpfung der Einzugsgebietsreaktionen und des Sedimentationsmanagements im Reservoir erreicht wird.
17. Die Gegensätzlichkeit von Abtrags- und Ablagerungsprozesse innerhalb eines Einzugsgebiets bzw. eines Reservoirs wurde genutzt, um die Physik dieser Prozesse mit tieferem Verständnis der Ablagerung vom Reservoir in Richtung Einzugsgebiet und des Abtrags vom Einzugsgebiet in Richtung des Reservoirs zu übertragen.
18. Eine Untersuchung zur Sedimentberäumung erfolgte auf Grundlage einer Modellanwendung bezüglich der Simulation der Ablagerungsrate, der Reduzierungsrate der aktiven Reservoirsoberfläche, der Ablagerungsdauer unter Berücksichtigung des Anfangswirkungsgrads und der Ablagerungsneigung, der Reduktion der Oberfläche bei geänderter Ablagerungsneigung, der Schichtdicke und des Volumen der Ablagerung einschließlich der Identifizierung der Zuflussparameter und der geometrischen Parameter zur Priorisierung der Kalibrierungsparameter zur Minimierung der Sedimentation in der Entwurfsphase.
19. Eine Überprüfung der Speicherkapazität des Reservoirs unter Beachtung eines maßnahmenbedingt reduzierten Zufluss- und Sedimentvolumens ermöglicht auch Überlegungen bezüglich der Reservoirgröße bereits während der Planungsphase für unterschiedliche Wasserstände, um die Speichererfordernisse für geplante Nutzungen erfüllen bzw. um Empfehlungen für Reservoirgrößen im Hinblick auf eine minimierte Sedimentation geben zu können.
20. Die Verknüpfung der Einzugsgebietsreaktionen mit Sedimentberäumungsaktivitäten bei Betrieb des Speichers erfordert, dass die Sedimentberäumung auf den Sedimentationsprozess im Speicher abgestimmt wird.
21. Die Auswertung kombinierter Informationen bezüglich des Verlandungsgrads, der Delta-Formation und -Progradation, der Änderung der Ablagerungsneigung und der Ablagerungsdauer ist hilfreich bei der Festlegung von Sedimentberäumungsmaßnahmen bei Bedingungen, wenn der verfügbare Speicherinhalt unter die Erfordernisse eines maximalen Betriebs fällt bzw. ein zu hohes Ausmaß an Überschwemmung und Überflutung von Gebieten im Oberlauf

der Flussstrecke (inkl. von Waldbereichen und Ackerland) aufgrund der Neigung der Ablagerungen erreicht wird.

22. Die kombinierten Informationen (Ablagerungsgrad, Delta-Progradation, Aggradation etc.) unterstützen weiterhin die Untersuchungen bezüglich der Wirksamkeit von Reduktionsmaßnahmen innerhalb des Einzugsgebiets im jährlichen Betrieb des Speichers und ermöglichen ein verbessertes Monitoring, verbesserte Inspektionen sowie daraus abgeleitete Reparatur- und Instandhaltungsmaßnahmen.
23. Ein fundiertes Sedimentationsmanagement muss die folgenden Entwurfsparameter berücksichtigen: hydrologische Daten, hydraulische Daten, Einzugsgebietsreaktionen, Reservoirparameter, Erfordernisse im Unterwasser des Reservoirs, Abflussvorgänge im Einzugsgebiet und Ergebnisse morphometrischer Analysen.
24. Bei der Auswahl effizienter Maßnahmen zur Reduzierung des Sedimenttransports durch geeignete Bauwerken im Einzugsgebiet und durch Bepflanzungsmethoden müssen die speziellen Charakteristiken der Maßnahmen (z. B. Schwellenanordnung, Porösität, Wurzelgeflecht etc.) beachtet werden. Die Auswahl muss in Abhängigkeit des Wirkbereichs und des Grads der erreichbaren Reduktion des Sediment- und Abflussvolumens getroffen werden.
25. Die Entwurfsüberlegungen während der Planungsphase und deren Übertragung auf Nutzungsdauerszenarien unterstützen das Sedimentations- und Speichermanagement unter Berücksichtigung geplanter Nutzungen. Darüber hinaus tragen sie zu einem erweiterten Verständnis bei Land- und Wasserressourcenplanungen bei.
26. Eine wissensbasierte, reale Zeitreihe der verfügbaren Speicherkapazität des Reservoirs kann über einen kontinuierlichen, wechselseitigen Austausch der Abflussinformationen zwischen dem Einzugsgebiet und dem Speicherbecken erhalten werden, wobei reale Zeitreihen von Niederschlagsintensitäten anstelle eines einzelnen langfristigen Mittelwerts Anwendung finden. Dadurch werden Simulationen zur langfristigen Entwicklung der Sediment- und Abflussvolumen möglich.



## **ABSTRACT**

An isolated intervention in the catchment-river-reservoir system has bear no sustainable solution as a catchment treatment fails to address the sediment flow downstream of it with respect to the transport capacity and competency of the river sub system. Similarly an isolated river works have limited contribution in regulating the volume of sediment entering into reservoir. A catchment–river-reservoir system arrangement assists in the investigation of the reservoir sedimentation process from its source to its sink. The approach is also useful in the process of identification of sources of sediment, selection and provision of mitigation measures and monitoring of the effectiveness of the interventions for their stability, failure, and the consequent rehabilitation and reinforcement for ultimate stabilization of the catchment’s contributing area, as well.

The complex nature of reservoir sedimentation management can be approached by reconnection and redirection of event based responses of sub system (catchment), sediment transport and deposition of sediment subsystems (river-reservoir). Minimization of sedimentation of reservoir in catchment-river-reservoir system can be achieved by using sediment flow information at the reservoir’s entrance section for identification of sediment contributing areas and for the selection of the structural interventions, vegetation practices and change in soil moisture distribution which assist for maximum reduction of sediment volume and minimum change in runoff volume, and also through coupling of catchment responses with sediment evacuation operation for maintaining sustainable storage capacity for planned uses.

The thesis focuses on design considerations on minimization of sedimentation in reservoir by coupling catchment (source) and reservoir (sink). The design considerations for minimization of sediment flow from catchment are based on the derived concepts from selected strategical mitigation measure at overland and stream sections. In spite of strategic intervention measures, still substantial amount of sediment enters into reservoir system. Hence, development of a functional understanding of coupling the catchment responses with reservoir by simulation of sedimentation at planning stage and management of evacuation operation for ensuring storage capacity required for planned uses has been part of the investigation. For this purpose :i) Conceptualization of the links between source (catchment) of sediment and sink (reservoir) for sedimentation after interventions at the source areas, and the consequent changes in sediment and runoff volume and eventual changes in initial reservoir storage capacity (prior any interventions),ii) Simulation of sedimentation with a simple approach for assessment of the effects of sedimentation and identification of influencing variables to be considered at planning stages for ultimate practical sediment management operations at service of reservoir, iii) With a simple approach establish functional processes between source and sink of sediment and modeling of a process based minimization of sedimentation in reservoir that a reservoir engineer could consider at the planning stage. This research is not only about modeling of reservoir sedimentation, it is rather modeling a process among interrelated – inseparable sub systems related to sediment for minimization of sedimentation using a simple method (Modeling the process of minimization of sedimentation), iv) Coupling catchment responses for different prevailing rainfall events

with evacuation operation based on the storage capacity availability with lapsed time of siltation of reservoir, and v) Derive functional hydraulic processes by coupling dynamically interrelated processes for the understanding of sedimentation of reservoir,

The thesis hence details the objective of the research through dynamically interrelated sub systems (catchment – reservoir) for reservoir sedimentation management, with detailed mathematical formulation for computation of sediment flow at catchment before any intervention measures and post interventions. And also mathematical foundation for morphologically induced reconfiguration of sediment, overland, subsurface flows and surface characteristics. The applicability of physically based spatially distributed erosion model for sediment management at the catchment subsystem with different structural overland and stream structures, soil covers and modification of soil moisture distribution. A formulation of a detailed simplified reservoir sedimentation simulation model with specific components for enhancing the understanding of sedimentation processes which include, i) delta progradation, ii) reservoir bed aggradation, iii) degree of siltation, iv) bed width variation ( transversal), v) depth and volume of deposition after every inflow event and vi) sediment-water routing. The sensitivity analysis for flow and geometrical attributes in view of prioritization of variables in the process of minimization of sedimentation in reservoir is presented. The model's application is demonstrated in reservoir for real time series data in southern Ethiopian rift valley river system. The findings of the research are summarized as well.

## THESES

1. Catchment- Reservoir coupling has enabled the conceptualization of the links between source (catchment) of sediment and sink (reservoir) for sedimentation after interventions at the source areas, and the consequent changes in sediment and runoff volume and eventual changes in initial reservoir storage capacity (prior any interventions), and also the possibility of accounting the reduction in runoff volume through raising the dam height at the design stages,
2. Coupling catchment responses for different prevailing rainfall events with evacuation operation based on the storage capacity availability with lapsed time of siltation of reservoir and also coupling of sources of sediment (catchment) with sink (reservoir for sediment deposition) for real time series rainfall events which enables for updatable data based reservoir sedimentation management
3. There is a continuous change in sediment and runoff volume due to changing rainfall events, DEM also changes due to induced consequent erosion and deposition which eventually changes elevation of the basin , And also the changes in land uses (due to population explosion, infrastructural expansions) and consequent change in vegetation cover and soil moisture distribution causes variation in sediment and runoff volume,
4. The morphologically induced reconfiguration of streams, which consequently changes the flow travel time, causes variation in stream discharges and transport capacity of flow,
5. The complex problem of reservoir sedimentation could be addressed by exchange of flow information in between the source and sink and back from sink to source, An enhanced GIS capability enabled to retract and detect where changes in sediment budget in catchment have occurred based on the sediment and runoff volume observed at the reservoir entrance section. Inspection and monitoring programmes could be set based on the flow information observed at the reservoir entrance section.
6. It is possible to know how much sediment volume is reduced by structural intervention at overland and stream section, by vegetation practices and by change in soil moisture distribution. The flow at post-interventions and outlet of the basin used for computation of the maximum reduction of sediment flow and runoff volume at the reservoir entrance section,
7. It is possible to decide the % cover of vegetation, the efficient overland and stream structural interventions to maintain minimum runoff reduction and maximum reduction in sediment volume, It is possible to select structures that best suit a specific relief, rainfall variation, land uses for preliminary selection and evaluation of the interventions for minimum reduction of runoff volume and maximum reduction in sediment volume,

8. The stabilization of basin and maintaining of the geomorphic equilibrium condition for calibrating and validating erosion models at computational unit scale level (in contrary the current calibration at the outlet of basin) has been observed. A long term stabilization of the basin has been induced by consequent changes related to reduced slope, elongated flow travel time, reduced stream discharge, and reduce transport capacity of flow for the same runoff volume,
9. Shifting of paradigm has been observed from using a single value (long term mean) to values continuously changing due to dynamically changing land uses, rainfall events and DEM,
10. Both hortonian overland and saturation overland flows need to be accounted for the soil moisture distribution, for stability of catchment section and preliminary analysis while selecting section for structural intervention,
11. There is a possibility to detect the cause and the means of prevention of soil detachment, sediment transport management and sediment deposition management options,
12. It is possible to identify sensitive design parameters for minimization of sedimentation at planning stages,
13. Catchment - Reservoir coupling is a simple new approach that can link the source of sediment to sink-deposition and retrospective assessments from sink to source for the causes and eventual possible remedial measures,
14. Analysis using a rigorous data set of soil physical, -surface and –water properties has shown the applicability of an existing physically based spatially distributed model for estimation of sediment budget of the study area located in a different climate region from which the soil erosion model is first developed, and also used for making assessments of possibilities of coupling erosion models for sediment management operation and derivation of extent of capabilities,
15. The complex nature of reservoir sedimentation has been studied with a new insight by numerical simulation and experimental study of reservoir sedimentation for an enhanced understanding of the inherent scientific problem (reservoir sedimentation),
16. System dynamically related reservoir sedimentation management approach performs well with real time series variables by coupling catchment responses and sedimentation management in reservoir system,
17. The complimentary nature of erosion and deposition in catchment and reservoir respectively has been utilized to transfer the physics of the processes with depth

understanding of deposition from reservoir to catchment and that of erosion from catchment to reservoir,

18. Model application for simulation of degree of siltation, rate of reduction of active reservoir surface area, time of siltation with reduction in trap efficiency and slope of deposition, reduction of surface area with change in slope of deposition, depth and volume of siltation with the identification of inflow and geometric attributes for prioritizing of calibration parameters for minimization of sedimentation in reservoir at planning stage has been used for assessment of evacuation operation,
19. Revision of storage capacity of reservoir by accounting the reduction in runoff and sediment volume due to mitigation measures has shown the need for consideration of sizing reservoir at planning stage for different reservoir levels for ensuring the storage requirement for planned uses and for possible recommendations of sizes of reservoir with minimized sedimentation,
20. Coupling of catchment responses with sediment evacuation operation during service period has depicted the need for synchronization of time of sedimentation and sediment evacuation operation,
21. The combined information of degree of siltation, delta formation and progradation, slope change of deposition and time of siltation assist to set sediment evacuation operation at conditions when the available storage capacity falls below the requirement for maximum operation and also the extent of inundation and encroachment of more area of upstream river reach, forest and arable land , etc which is induced due to the slope of deposition,
22. The combined information ( degree of siltation, delta progradation, aggradation, etc) also assist to make assessments of the performance of the catchment's mitigation measures over the extent of the reservoirs service year, for improved monitoring, inspection and consequent repair and maintenance procedures
23. Simulation of sedimentation with a simple approach for assessment of the effects of sedimentation and identification of influencing variables to be considered at planning and design stages for ultimate practical sediment management operations at service period of reservoir The comprehensive understanding of reservoir sedimentation management involves the following list of design parameter as: Hydrological, Hydraulic Reservoir, Catchment responses, Reservoir attributes, Reservoirs downstream requirements, Catchment stream system processes, and morphometric analysis,
24. An efficient mitigation measure for reduction of sediment flow with appropriate overland structures and vegetation practices, includes a specific nature of the intervention ( barrier formation, porosity, root matrix, etc) is dependent on the assessment of the performance and the extent of possibility of reduction of sediment and runoff volume,

25. The planning stage design considerations and their projections to service years scenarios assist for better management of sedimentation and storage capacity for the planned uses, in addition to an enhanced understanding of land and water resources management planning,
26. Knowledge based real time series available storage capacity of reservoir can be achieved by bridging the continuous exchange of flow information between catchment and reservoir section and vice versa, through the use of real time series of rainfall intensities instead of a single long term average value for long term simulation of sediment and runoff volumes,