
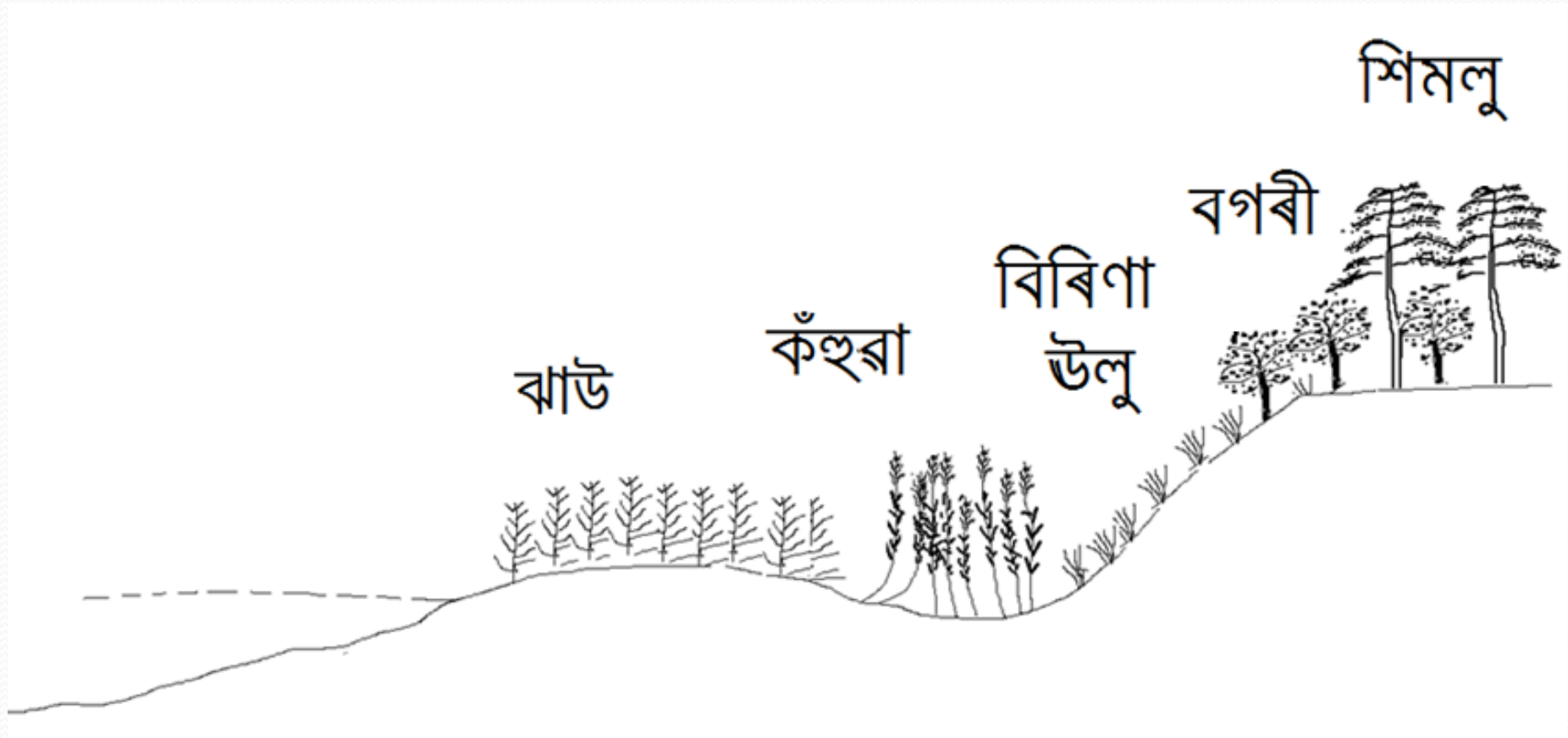


# SCOUR PREVENTION USING VISCOUS DRAG SYSTEMS AND SLOPE PROTECTION BY BIOENERGETICS


George Koshy  
Shantanoo Bhattacharyya

- 
- Water flow follows the path of least resistance.
  - Vegetated land is less prone to erosion.
  - Energy absorbing soft engineering
  - Succession of vegetation

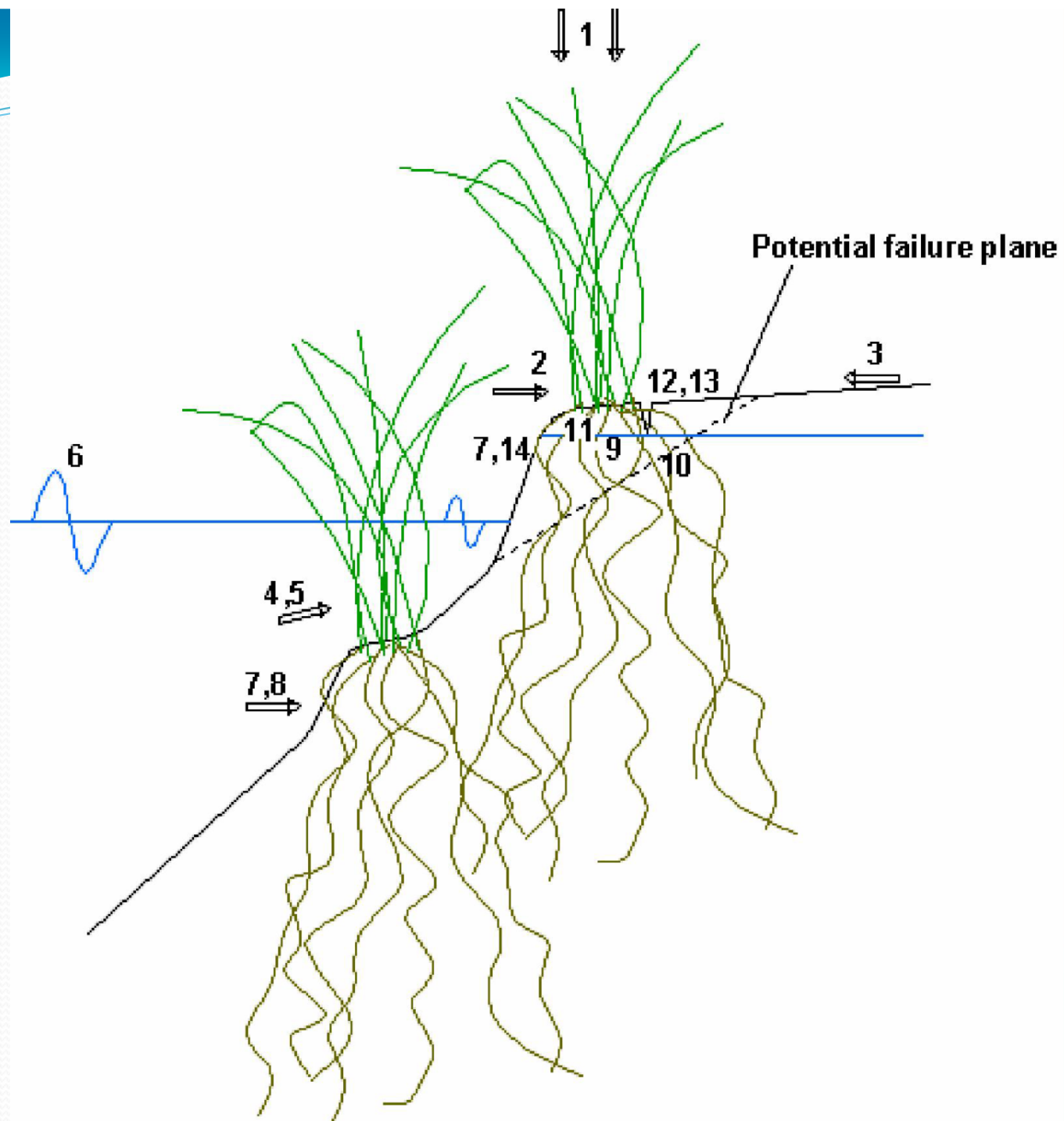
# Succession of Vegetation



Indian Tamarisk,  
Saccharum spontaneum,  
Vetiver, Imperata cylindrica  
Jujuba,  
Cotton tree

- 
- Normally riverbanks with this kind of vegetation are stable
  - Plants which are exposed to water current have a deep root system and are flexible
  - The aim is do plantation but with engineering logic-engineered plantation





# Sub-aerial preparation

- Canopy dissipates rain drop energy and wind energy
- Stems reduces energy of the run-off

# Particle entrainment

- Submerged canopy reduces near-bank flow velocities
- Submerged canopy and stems dissipates/ absorbs flow energy/ turbulence.
- The root system physically restrains soil particles



# Mass failure

- Root system increases drainage and permeability which results in a decrease of excess pore pressures
- The root system increases soil shear strength via apparent cohesion and therefore the probability of the occurrence of a landslide is reduced
- The tensile strength of the roots hinder crack forming
- The tensile strength of the roots hinder pushing off of aggregates of soil



# Only trees are not sufficient



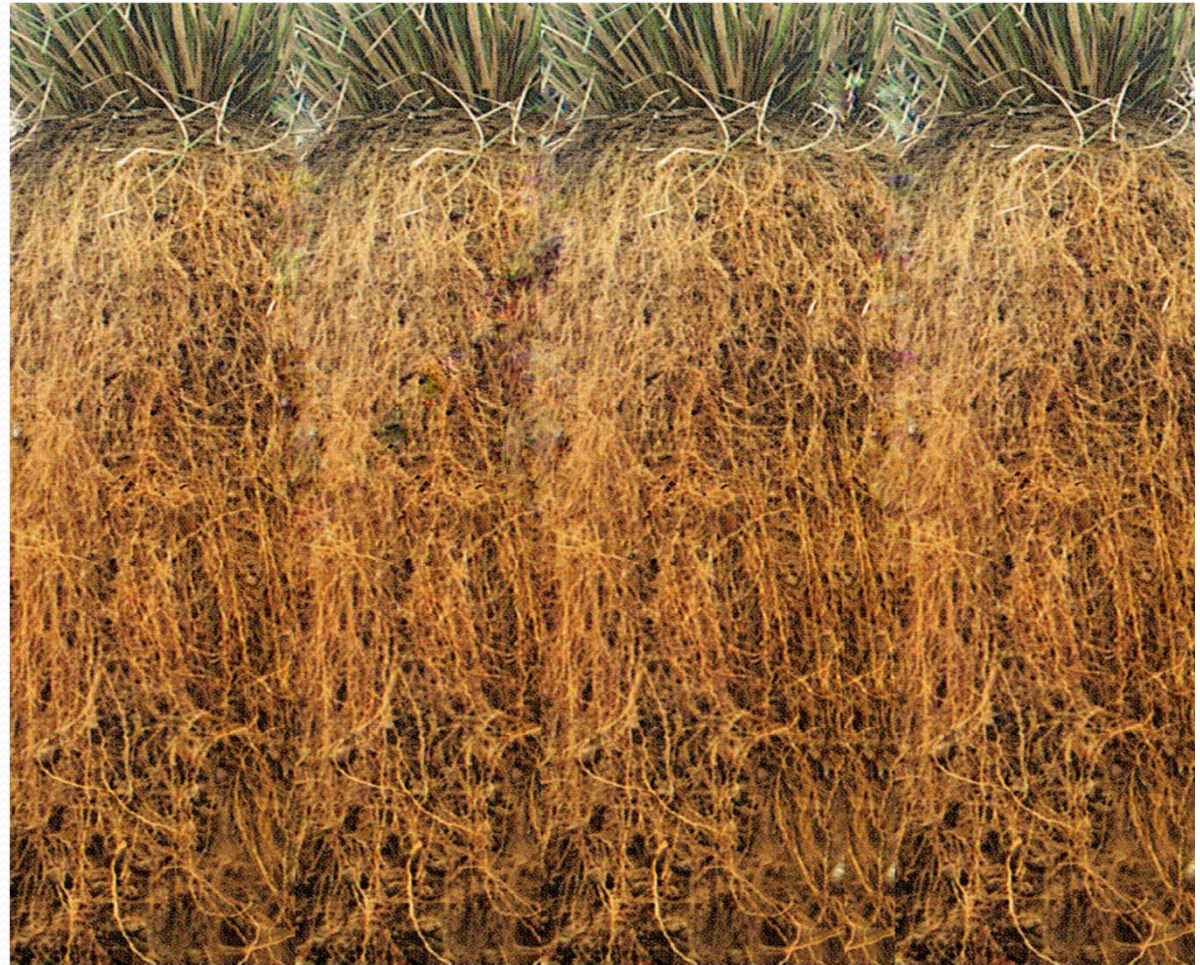
# Qualities of a plant for use in bioengineering:

The ideal plant should have:

- long, strong and abundant root matrix.
- ability to grow as a dense hedge
- very quick growth
- ability to grow almost everywhere
- High biomass below ground, low biomass above ground
- should be non invasive so that the local ecology is not disrupted
- Should be perennial and permanent
- It should exhibit xerophytic and hydrophytic characteristics if it is to survive the forces of nature.

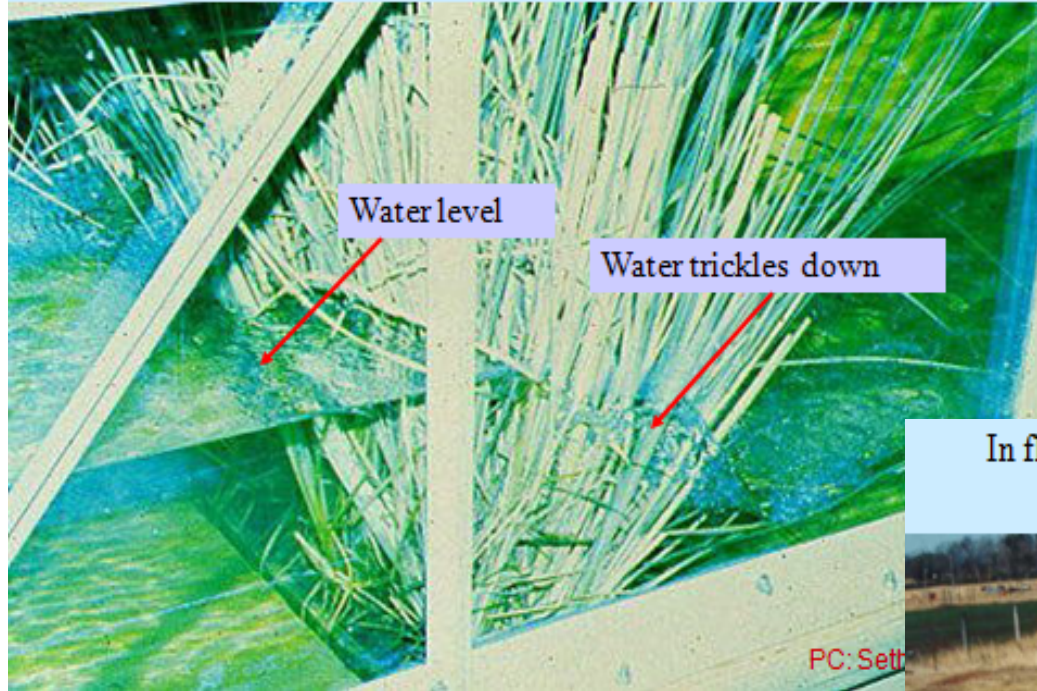


# Vetiver system- Why Vetiver





## Retarding and spreading water flow



In flume test a mature hedge can bank up water to 600mm depth





# Root armed Soil

The Shear resistance of root armed soil depends on

- Tensile strength of the roots
- Root area in the soil volume



*Shear Strength increases upto 90% at 0.25m*

**Root reinforced soil**

*Shear strength increases upto 39% at 0.5 m*

*Shear strength increases upto 12.5% at 1m*



# Why Bioengineering

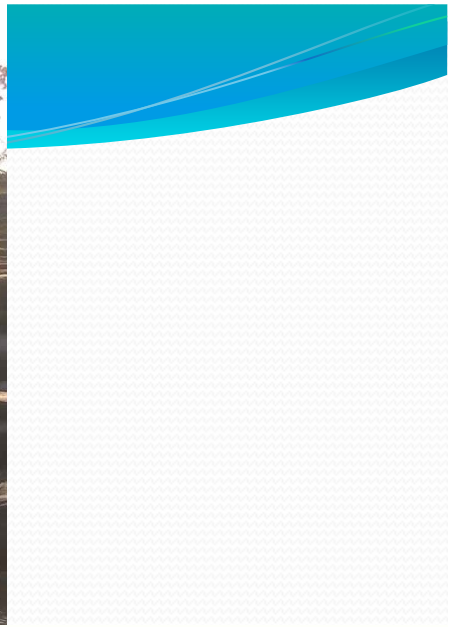
- Environment friendly
- Community involvement
- Economical
- Energy absorbing - NOT deflecting
- Failure of conventional measures

# Failure of conventional engineering





















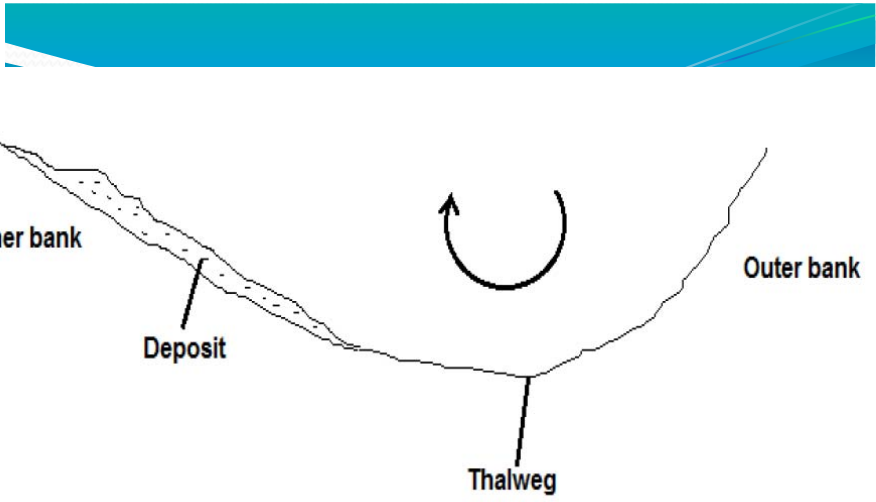
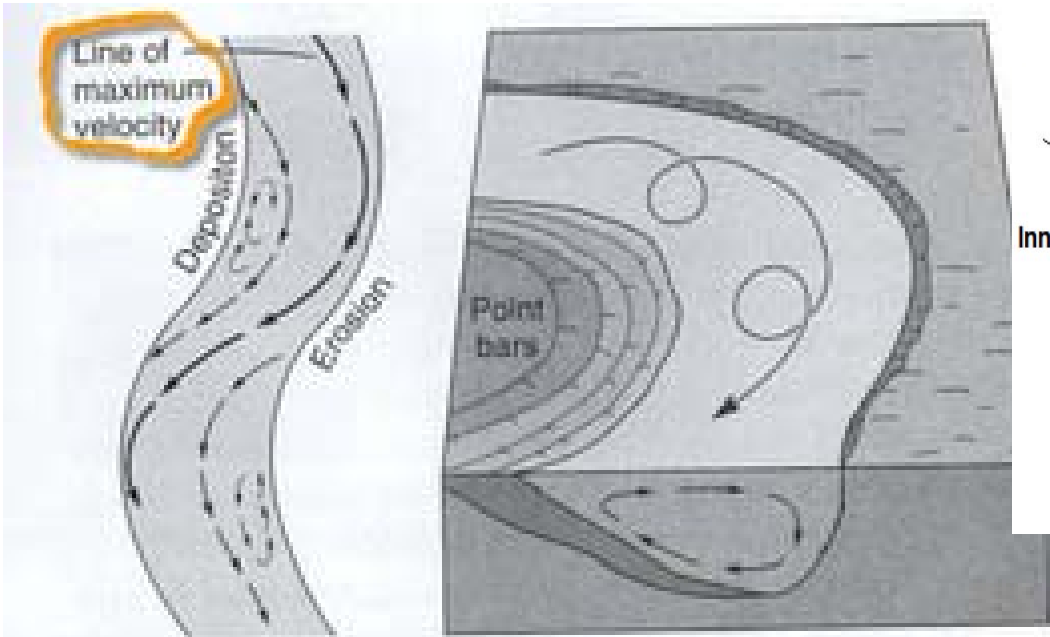
**Outer Bank**



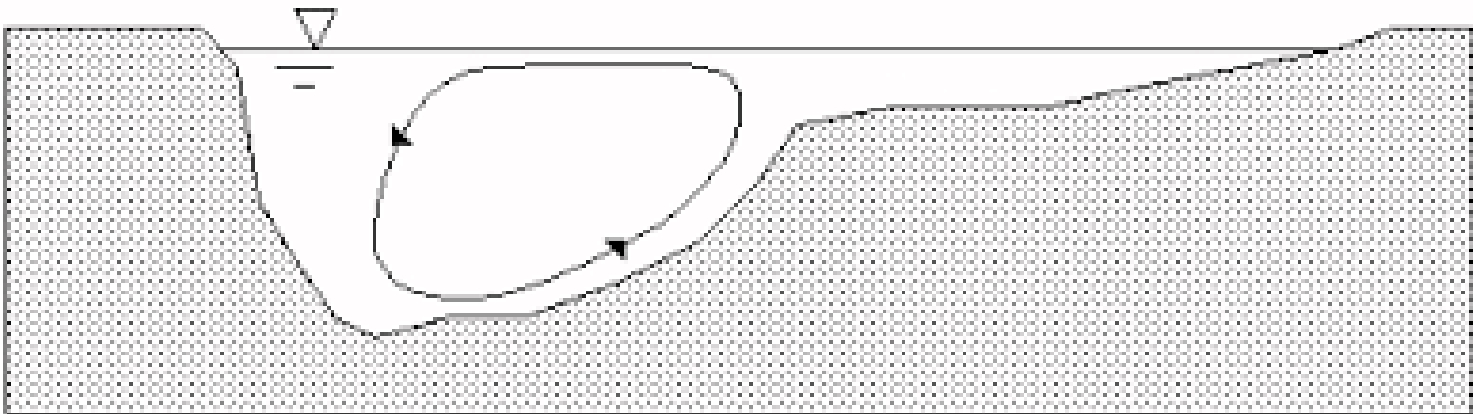
**Inner Bank**

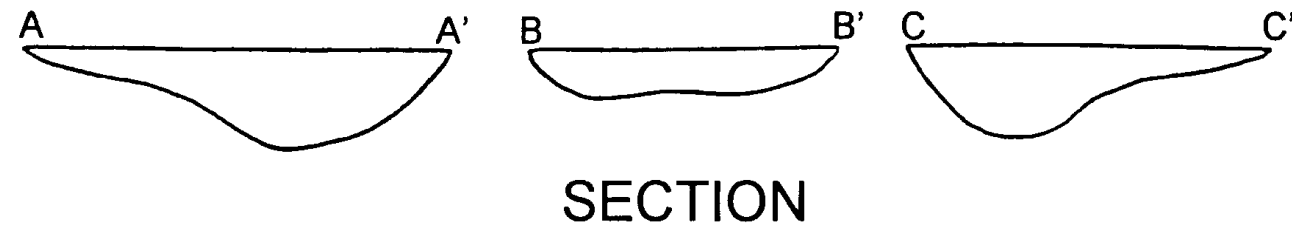
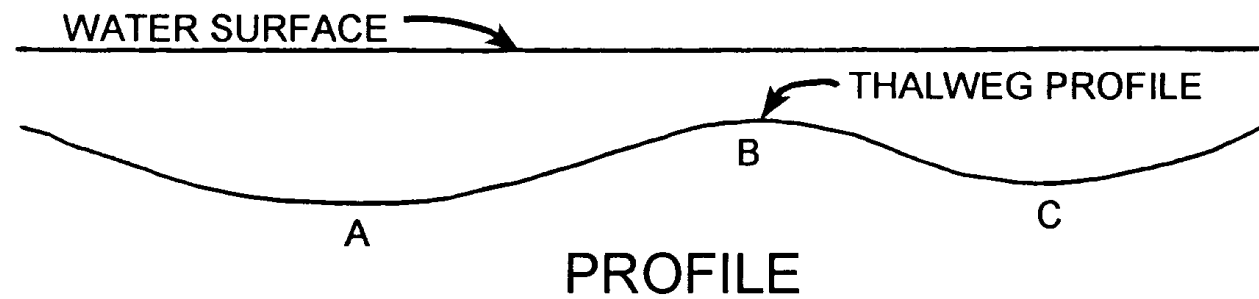
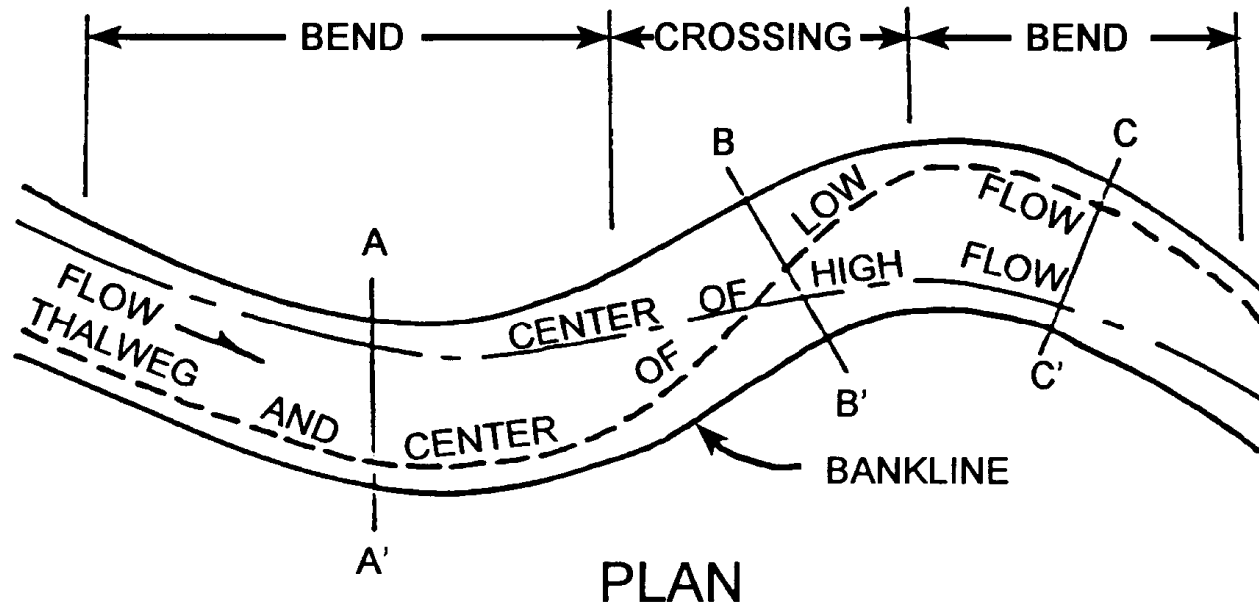


-  **Stream lines on river surface**
-  **Stream lines near river bed**



Helical flow in a meander.

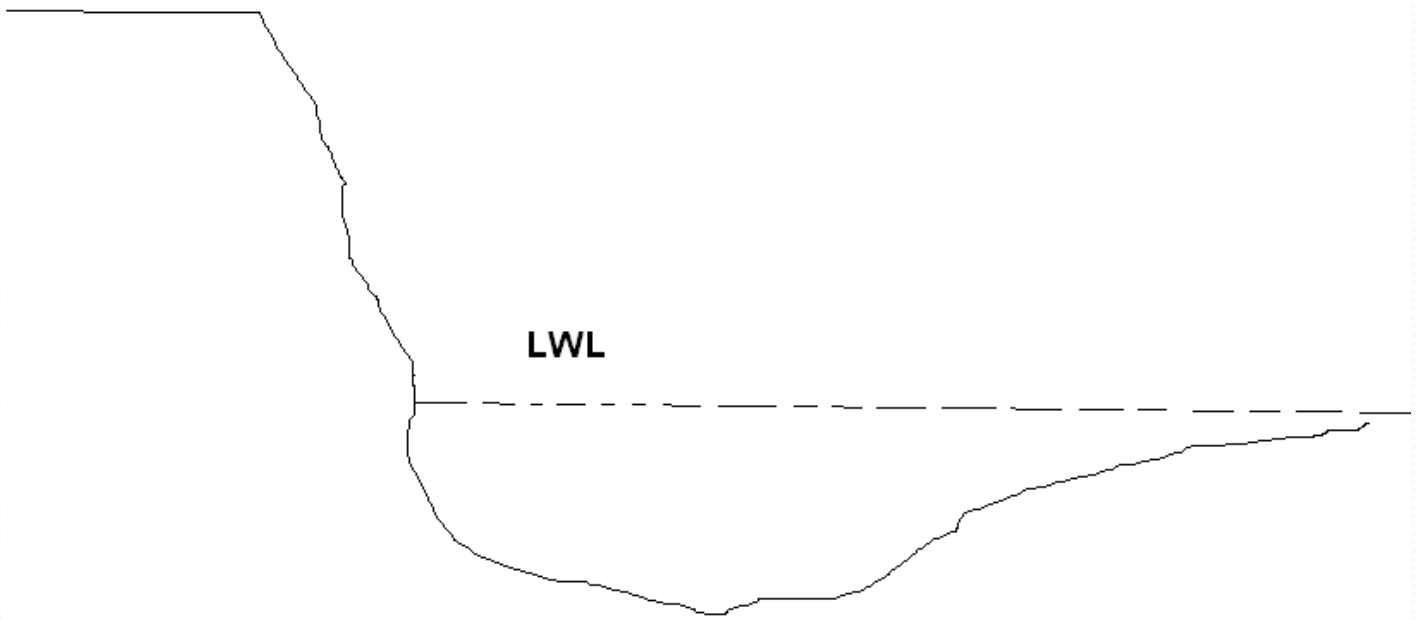








**Toe of the slope exposed during lean period. Vetiver should work fine alone.**



**Toe never exposed. Undercutting near the toe. Vetiver will NOT succeed alone**

**Brahmaputra river**

Disangmukh, Assam, India

Disang river

Indicative location of erosion control work  
1000 m with Geo-synthetics with porcupine  
500m with Vetiver and porcupine

© SPCT IMAGE

© 2010 Google  
Image © 2010 GeoEye

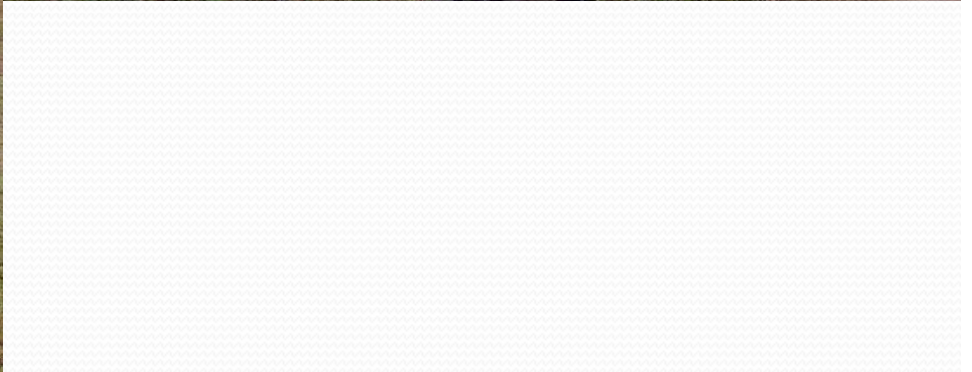
Google

Imagery Dates: Sep 29, 2009 - Dec 1, 2009

27°02'27.71" N 94°32'31.03" E elev 91 m

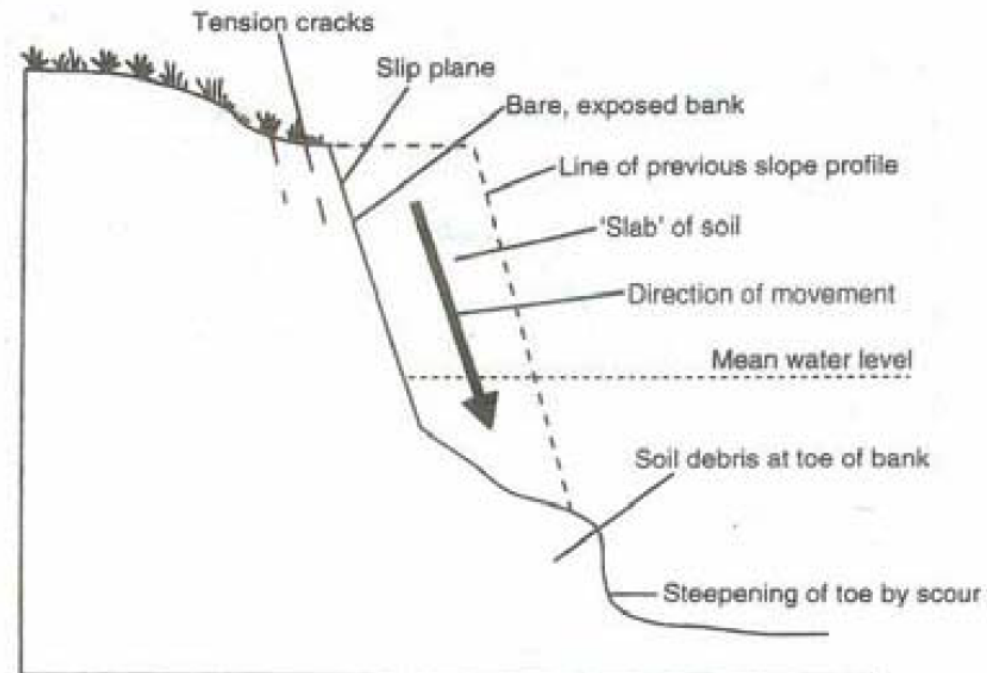
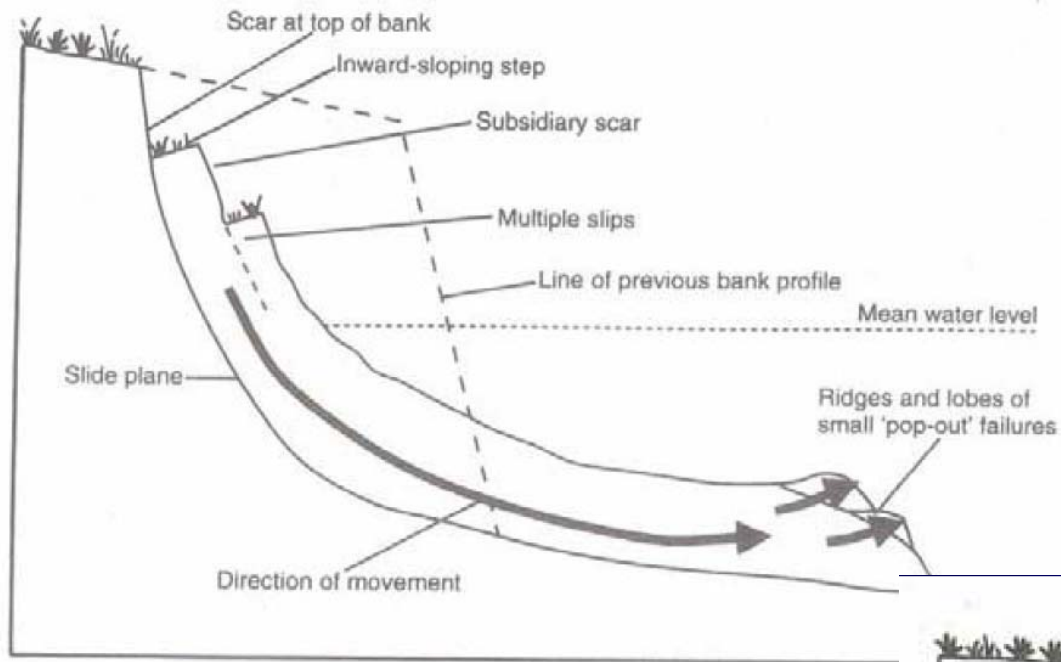
Eye alt 15.64 km



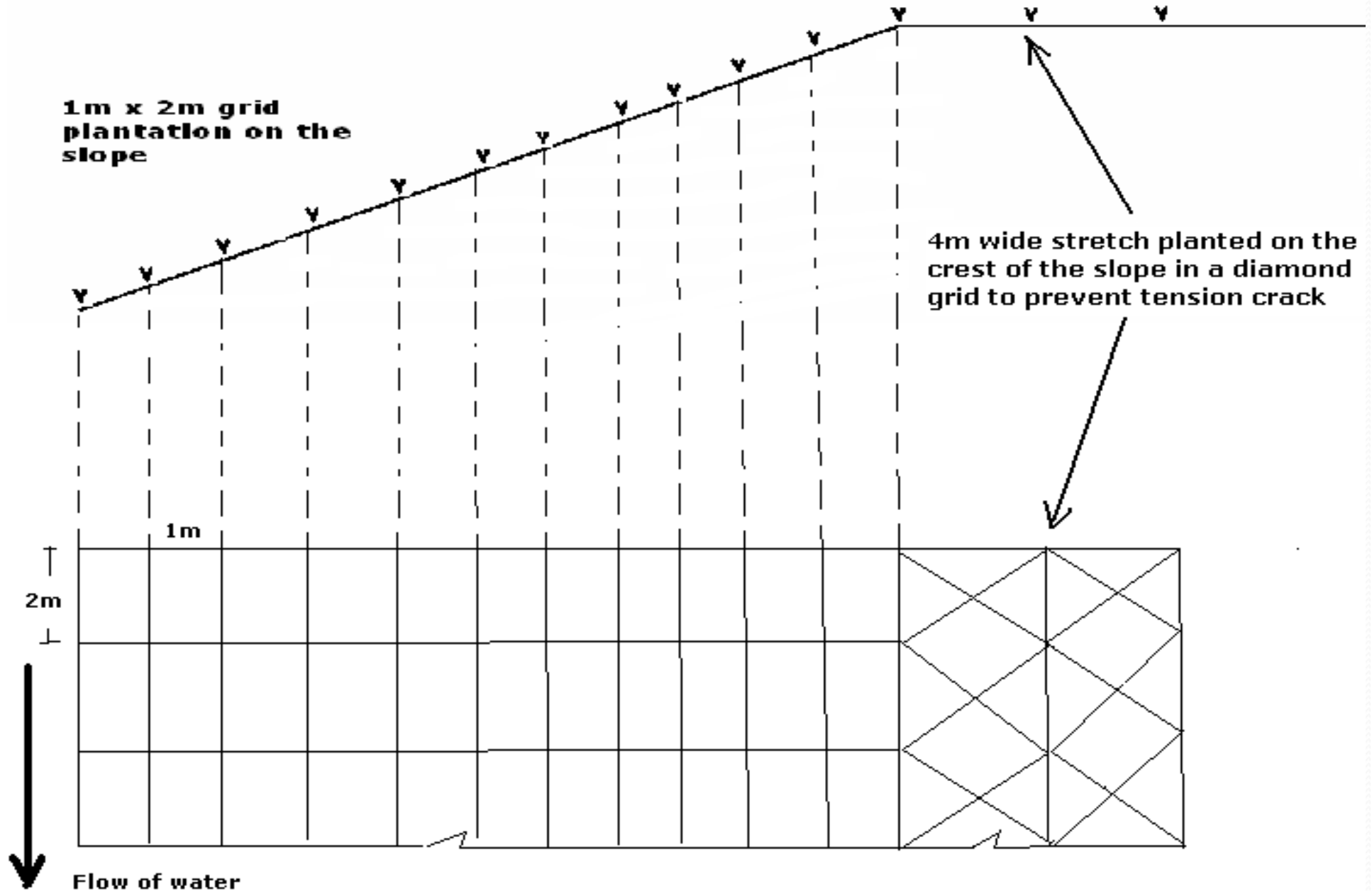




# Both Rotational and Slab failure



# Intervention at the riverbank





Planting started on 28/2/2010 and ended 25/3/2010  
Heavy rain started from 1<sup>st</sup> week of March





# Rising water, bottom rows are inundated





# Complete inundation on 17/4/2010



Boat plying over the plantation  
On the background the RCC porcupines which are very  
popular in Assam





Devastation by flood. Flood water rose by about 6 metre  
The bamboo fence was for keeping animals away from  
grazing he vetiver



Trying to save the plants. Removing debris







■ Root length of 2 month old plant



## Badly battered vetiver







Trying to revive the plantation.  
Pl. note the heavy siltation





# Plants coming up







Plants in May,2010. Survived 3 floods.



Look at the siltation. Recovering lost land, Oct/2010





The heavy siltation killed the vetiver.  
But the vetiver did its work



Some plants could survive and protected the bank  
October, 2010





Another picture, October 2010



Vetiver proved a great success.  
The slope in November, 2010





# The slope in December, 2010





**AFTER 2 YEARS**









# The Vetiver protected slope, end of April, 2012

Pictures by WRD during their inspection tour





# Erosion continues downstream





# Upstream Failure of Geo-mattress



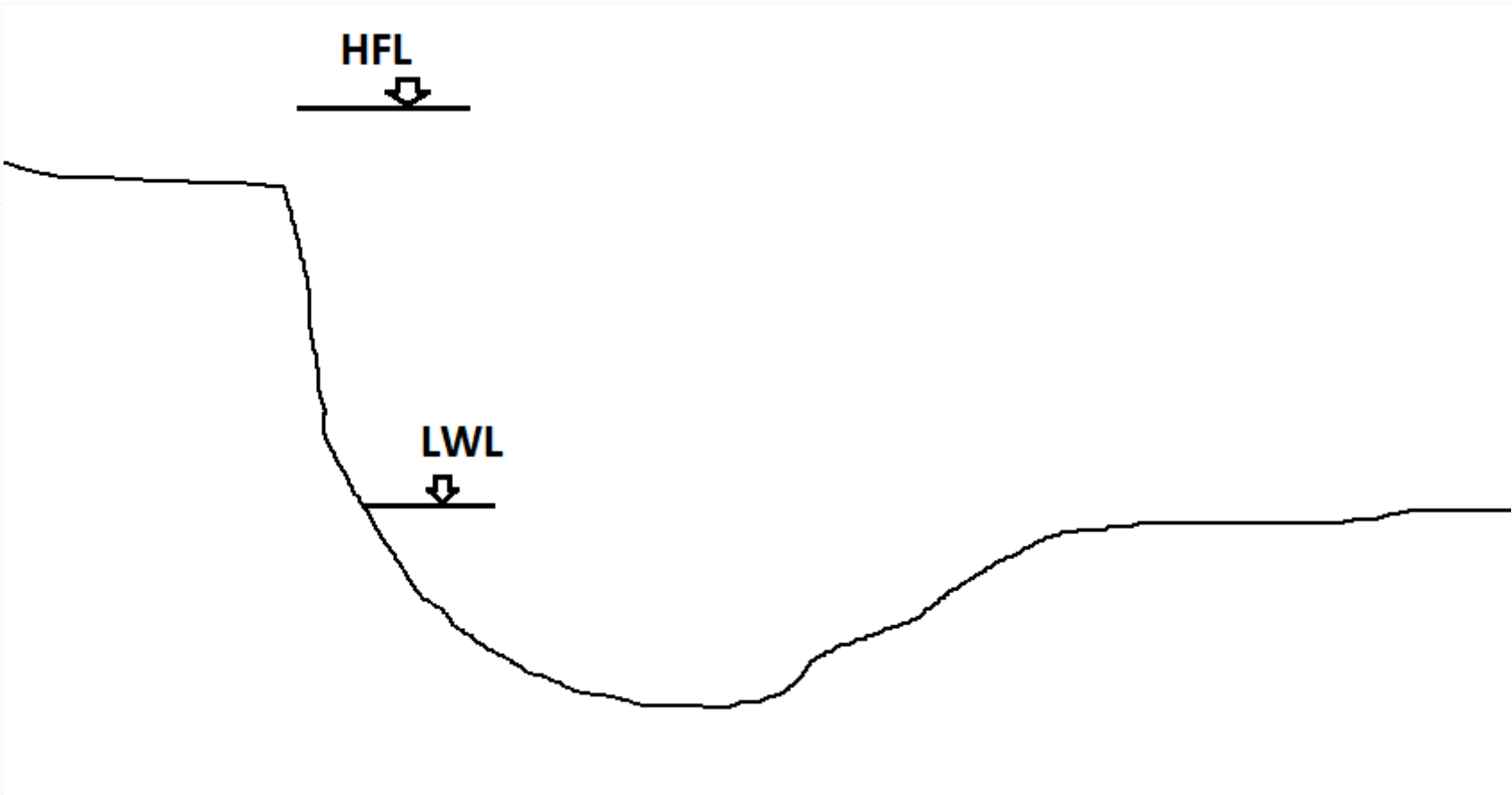


**Vetiver work along rivers Na- Dihing (locations- Pawoi/ Chumoni)**



**Severe erosion ( see photograph) both fluvial and sloughing**







Flexible mattress made of empty cement bags filled with sand and nylon net was stitched around each bag to control under water scouring



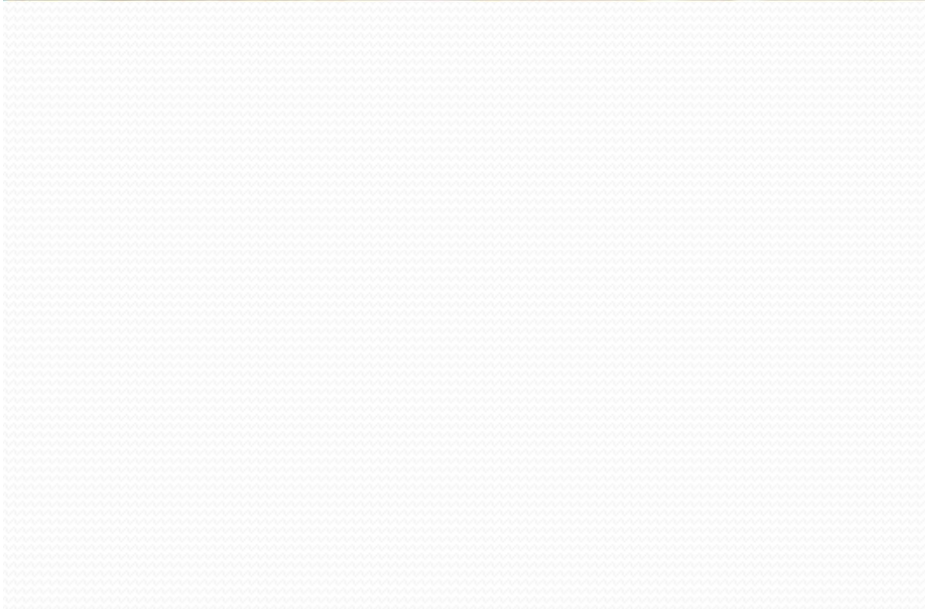




The mattress was pinned to place with the help of bamboo stakes









**After 2 years**





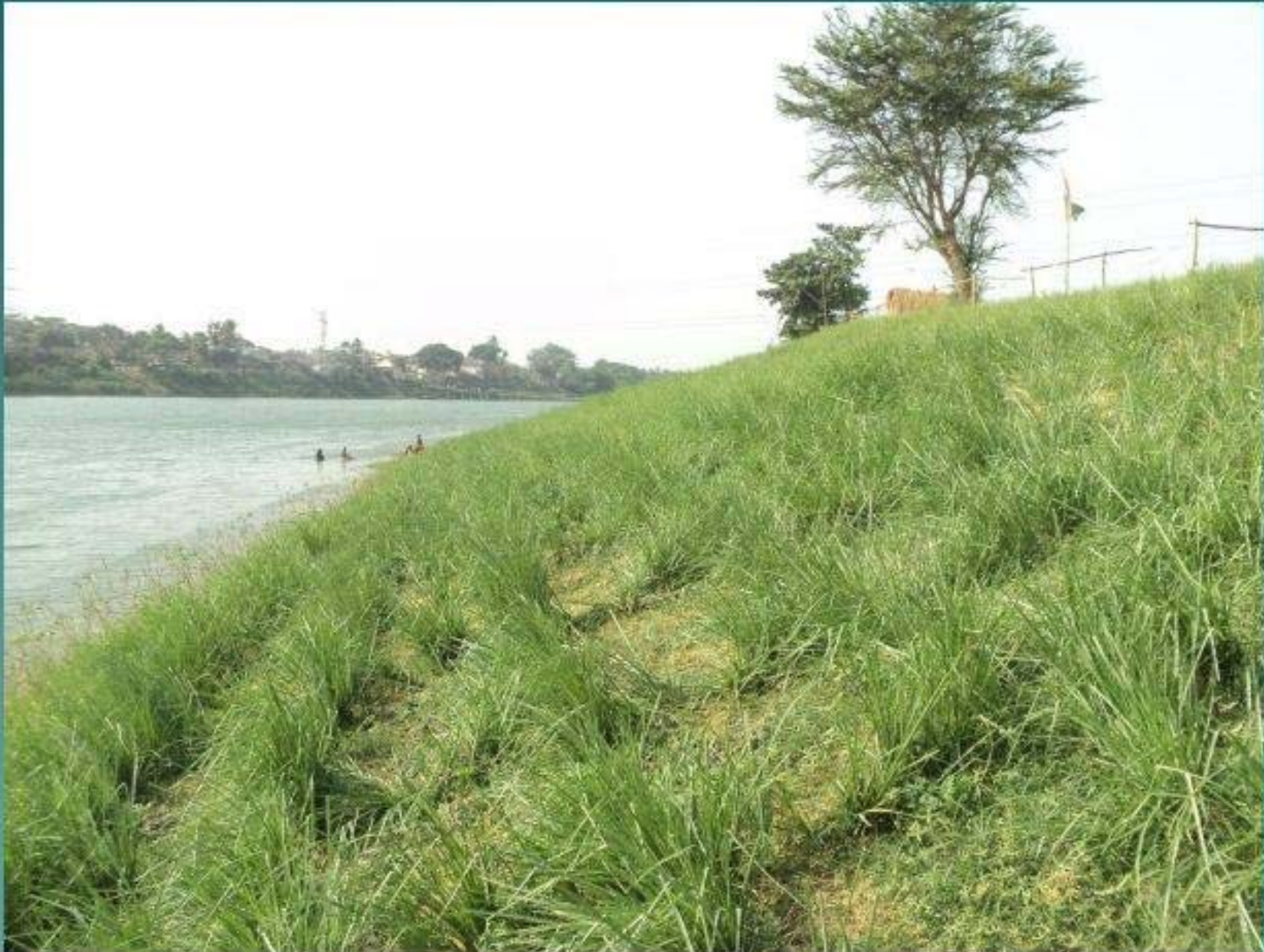


# Mundeshwari river in West Bengal





After plantation of vetiver at Udna, Tantishal G.P.,  
for erosion protection of Mundeswari river, W.B.





**ভেটিভাৰ উদ্ভিদে আশাৰ সঞ্চৰ**

**খহনীয়া : অফলাৰ জিঅ' মট্টৈলৈ অৰ্শনি সংকেত**

ছান্দাধাৰণ সেৱা, শিৱসাগৰ, ১৪ নৱেম্বৰ : উচ্চ পৰ্যায়ৰ কৃষিকৰ্মী বাহুৱা গ্ৰহণ কৰি কমপ্লাই গ্ৰহণ নকৰাৰ পৰিণতিতে জিঅ' অফলাৰ সংৰক্ষণৰ অফলাৰী অফলাৰীৰ ভৱিষ্যৎ অসুখী এক অফলাৰ নামি অহাটো একেধৰাৰ নিশ্চিত বুলিহেই বিবেচিত হৈছে। শিৱসাগৰ গ্ৰহণ কৰাৰ সময়ত এতিয়া অফলাৰী কালতে অফলাৰ আৰু বাপক গৰাখহনীয়া। কোটি কোটি টকাৰ শৰাৰ কৰি চৰকাৰে পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ নামত যি অৰ্থৰ শৰাৰ পতিহে সেয়া স্ব-চক্ৰে নেদেখিলে কোনোও অনুমান কৰিব নোৱাৰে। বৰ্তমান গ্ৰহণ কৰাৰ নীতিগত যন্ত্ৰেণ্ড তলমেণ্ড অফলাৰ হিচাপে চৰকাৰ-চৰকাৰে অফলাৰ নদীৰ পৰা। ফলত দিচামুখৰ অফলাৰ আশিষ্ণা আদি অফলাৰ বাইজৰ মাজতো বাপক প্ৰতিষ্টিমাৰ সৃষ্টি হৈছে। যি সময়ত বিশেষজ্ঞই সূক্ষ্ম দৃষ্টিভঙ্গীয়ে অফলাৰী দিলৰ পৰ্যবেক্ষণ চলাই এই অফলাৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা গ্ৰহণ কৰিব লাগিলে, তেনে সময়ত সেই চিহ্নস্বৰূপক একাধাৰীয়েক বৰি বিশেষজ্ঞক আফলাৰীৰ দৰাৰ জিঅ' মট্টৈলৈ অৰ্শনি কৰিব লাগিব। ইতিমধ্যে অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা কৰা হৈছে। কিন্তু এই অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা কৰা হৈছে।

**Grass from TN to help arrest erosion**

**ANUPSHARMA**  
**Guwahati, May 21:** A type of grass found in Tamil Nadu could help Assam arrest erosion of embankments.  
 Vetiver (*Vetiver zizanioides*), a variety of grass commonly used by farmers in Tamil Nadu to stop soil erosion in their paddy fields, has now emerged as a savior of hope for this flood-prone state.  
 An official said the water resource department has tied up with an NGO, Eastern Vetiver Network India (EVNI), to help the state arrest erosion.  
 The executive director of EVNI, Shantanoo Bhattacharyya, told this correspondent that their organisation had planted vetiver plants at five places in the state on an experimental basis.  
 "We have started plantation in these five locations as a pilot project. Now we are waiting for the next flood season to see the results. Some South Asian countries have found the grass fruitful in stopping erosion," he added.  
 In Assam, the NGO has planted the grass at two locations each on the embankments of Kolong and Kopli rivers and on the northern slope of Navagraha temple in Guwahati. The total length of the embankments in Assam is 4,63km and 70 per cent of them are in a very bad shape.  
 "The Assam government has been very proactive and wants us to help stop the erosion in Dibrugarh, Nalbari and other erosion-hit districts," Bhattacharyya said and added that they would start work in the districts after the coming flood season.  
 It is now to be seen whether nature's gift can counter its curse in the state.  
 Bhattacharyya said vetiver plantation was sufficient to stop the erosion of the banks of the Brahmaputra's tributaries.  
 However, to stop the erosion of the Brahmaputra's embankments, the NGO is working with IIT Roorkee. "While the experts of IIT Roorkee will take care of the toe erosion of the Brahmaputra's embankments, we will plant vetiver to stop the horizontal erosion," he said. The erosion in Assam is caused in the base of the embankment where the undercurrents are very strong.  
 "The vetiver can survive extreme hot and cold temperatures and the state's soil condition is suitable for it."  
 Vetiver is also cost effective. Planting the grass in a one square kilometre area costs only Rs 100. The vetiver plantation also works as a bio-filter against debris and silt, which cover the paddy fields during floods and decrease the productivity of the ground," Bhattacharyya said.  
 The roots of the grass spread in the ground like a thick net and can go under ground upto 3 meters. They also increase the fertility of a field.  
 The grass can also be used to make handicrafts, charcoal and other products and as fodder for animals.

**খহনীয়া : অফলাৰ জিঅ' মট্টৈলৈ**

জিঅ' টিউবসমূহৰ তলৰ চাপৰ মাটি চৰকাৰ-চৰকাৰে অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ নামত যি অৰ্থৰ শৰাৰ পতিহে সেয়া স্ব-চক্ৰে নেদেখিলে কোনোও অনুমান কৰিব নোৱাৰে। বৰ্তমান গ্ৰহণ কৰাৰ নীতিগত যন্ত্ৰেণ্ড তলমেণ্ড অফলাৰ হিচাপে চৰকাৰ-চৰকাৰে অফলাৰ নদীৰ পৰা। ফলত দিচামুখৰ অফলাৰ আশিষ্ণা আদি অফলাৰ বাইজৰ মাজতো বাপক প্ৰতিষ্টিমাৰ সৃষ্টি হৈছে। যি সময়ত বিশেষজ্ঞই সূক্ষ্ম দৃষ্টিভঙ্গীয়ে অফলাৰী দিলৰ পৰ্যবেক্ষণ চলাই এই অফলাৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা গ্ৰহণ কৰিব লাগিলে, তেনে সময়ত সেই চিহ্নস্বৰূপক একাধাৰীয়েক বৰি বিশেষজ্ঞক আফলাৰীৰ দৰাৰ জিঅ' মট্টৈলৈ অৰ্শনি কৰিব লাগিব। ইতিমধ্যে অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা কৰা হৈছে। কিন্তু এই অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা কৰা হৈছে।

**ঘাঁহ ৰুই দিচামুখত খহনীয়া প্ৰতিৰোধ কৰিব ই ভি ই এনে**

প্ৰতিবেদক, শিৱসাগৰ, ১৩ নৱেম্বৰ : শিৱসাগৰ জিলাৰ দিচামুখত মহাবাহু গ্ৰহণ কৰাৰ ফলত খহনীয়া বোধৰ ক্ষেত্ৰত বাজা চৰকাৰে জলসম্পদ বিভাগে দুখ লাগিব বোধ কৰাৰ ফলত শতাধিক পৰিয়ালে অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ নামত যি অৰ্থৰ শৰাৰ পতিহে সেয়া স্ব-চক্ৰে নেদেখিলে কোনোও অনুমান কৰিব নোৱাৰে। বৰ্তমান গ্ৰহণ কৰাৰ নীতিগত যন্ত্ৰেণ্ড তলমেণ্ড অফলাৰ হিচাপে চৰকাৰ-চৰকাৰে অফলাৰ নদীৰ পৰা। ফলত দিচামুখৰ অফলাৰ আশিষ্ণা আদি অফলাৰ বাইজৰ মাজতো বাপক প্ৰতিষ্টিমাৰ সৃষ্টি হৈছে। যি সময়ত বিশেষজ্ঞই সূক্ষ্ম দৃষ্টিভঙ্গীয়ে অফলাৰী দিলৰ পৰ্যবেক্ষণ চলাই এই অফলাৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা গ্ৰহণ কৰিব লাগিলে, তেনে সময়ত সেই চিহ্নস্বৰূপক একাধাৰীয়েক বৰি বিশেষজ্ঞক আফলাৰীৰ দৰাৰ জিঅ' মট্টৈলৈ অৰ্শনি কৰিব লাগিব। ইতিমধ্যে অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা কৰা হৈছে। কিন্তু এই অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা কৰা হৈছে।

Ajir Dainik Batori, 14<sup>th</sup> Nov. 2010

**আনন্দবাজার পত্ৰিকা**

**খানাকুল-১ ব্লকভাসেনি গ্ৰাম, ভেটিভাৰকে ধন্যবাদ দিছে উদনা**

- বাঁধ ধৰে রাখতে পৰীক্ষামূলক ভাবে লাগানো হৈছিল বিশেষ প্ৰজাতিৰ ভেটিভাৰ ঘাস। সেটা ২০১১ সাল। ফল মিলিছিল হাতেহাতে। ১০০ দিনেৰ কাৰেজৰ প্ৰকল্পে লাগানো ওই ঘাসেৰ সৌজন্যে ২০১৩ সালে ১ লাখ ৬৩ হাজাৰ কিউসেক জলেৰ চাপও বাঁধেৰ মাটি ধসাতো পাৰে নাই। এবাৰও সেই ভেটিভাৰ ঘাসই এখনও ৰক্ষা কৰে চলোছে আৰামবাগ মহকুমাৰ সবচেয়ে ভাঙ্গনপ্ৰবণ এলাকা খানাকুল ১ নম্বৰ ব্লকৰ উদনা গ্ৰামকে।
- ৭০ থেকে ৮০ হাজাৰ কিউসেক জলেৰ চাপেই মহকুমাৰ য়ে সৰ নদী বাঁধ অবধাৰিত ভাবে ভেঙে যায় তাৰ মধ্যে অন্যতম বলে চিহ্নিত উদনাৰ নদীবাঁধেৰ প্ৰায় ৬০০ মিটাৰ এলাকা। ২০১১ সালে ওই বিশেষ প্ৰজাতিৰ ঘাস লাগানোৰ পৰে তা আঁৰ ভাঙে নাই। গত কয়েক বছৰেৰে অভিজ্ঞতাৰ এ বাৰও স্থানীয় মানুহেৰ বিশ্বাস, বাঁধ ভাঙে নোৱা। মহকুমা শাসক প্ৰতুল কুমাৰ বসু বলেন, "ভেটিভাৰ ঘাস ৰোপণ কৰা নদী বাঁধেৰ এলাকা এখনও পৰ্যন্ত ঠিক আছে। পৰবৰ্তী ক্ষেত্ৰে মহকুমাৰ বিভিন্ন নদীবাঁধগুলিতেই ভেটিভাৰ ঘাস চাষেৰ এলাকা বাড়াই নোৱাৰ পৰিকল্পনা আছে।"
- তাঁতিশাল গ্ৰামেৰ গ্ৰামেৰ বিকাশ ৰায় বলেন, "নদী ভৰে গিয়েছে। প্ৰবল স্রোত বইছে অখচ উদনাৰ বাঁধ ভাঙে নাই। এ ঘটনা ২০১৩ সালে যেমন দেখলাম এবাৰও তাই দেখাছোঁ।" বালিপুৰেৰ ৰলাই মালিকের কথায়, "খানাকুলেৰ মানুহ বংশানুক্ৰমে জেনে আসছে ডিভিভি জল ছাড়লেই বন্যা হয়। কিন্তু এই ঘাস যে ভাবে বাঁধ বাঁচাচ্ছে তা চোখেৰ সামনে দেখলাম।"
- একই ভাবে আৰামবাগ ব্লকেৰ মলয়পুৰ ১ পঞ্চায়ত এলাকাৰ বালিগ্ৰাম সংলগ্ন মুক্তেশ্বৰী নদী বাঁধে ওই ঘাসে চাষ ৰক্ষা কৰেছে বালিয়া, ঘৰগোলাল, আসনপুৰ, বনমালীপুৰ-সব ১৫টি গ্ৰামেৰ বাসিন্দাদেৰ।

**প্ৰ বা হ ১৫ নৱেম্বৰ ২০১০ সোমবাৰ, যে**

**চপৰা চপৰে মাটি খহিছে অফলাৰ কোটি টকীয়া জিঅ' মট্টৈলৈ পৰিবৰ্তে**

ভেটিভাৰ উদ্ভিদে দেখুৱাইছে আশাৰ বে  
 চিহ্নস্বৰূপক একাধাৰীয়েক বৰি বিশেষজ্ঞক আফলাৰীৰ দৰাৰ জিঅ' মট্টৈলৈ অৰ্শনি কৰিব লাগিব। ইতিমধ্যে অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা কৰা হৈছে। কিন্তু এই অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা কৰা হৈছে।

**অসম দাপোণ**

**দিচামুখৰ অফলাত জিঅ' টিউবত খহিছে অধিকাংশ মাটি**

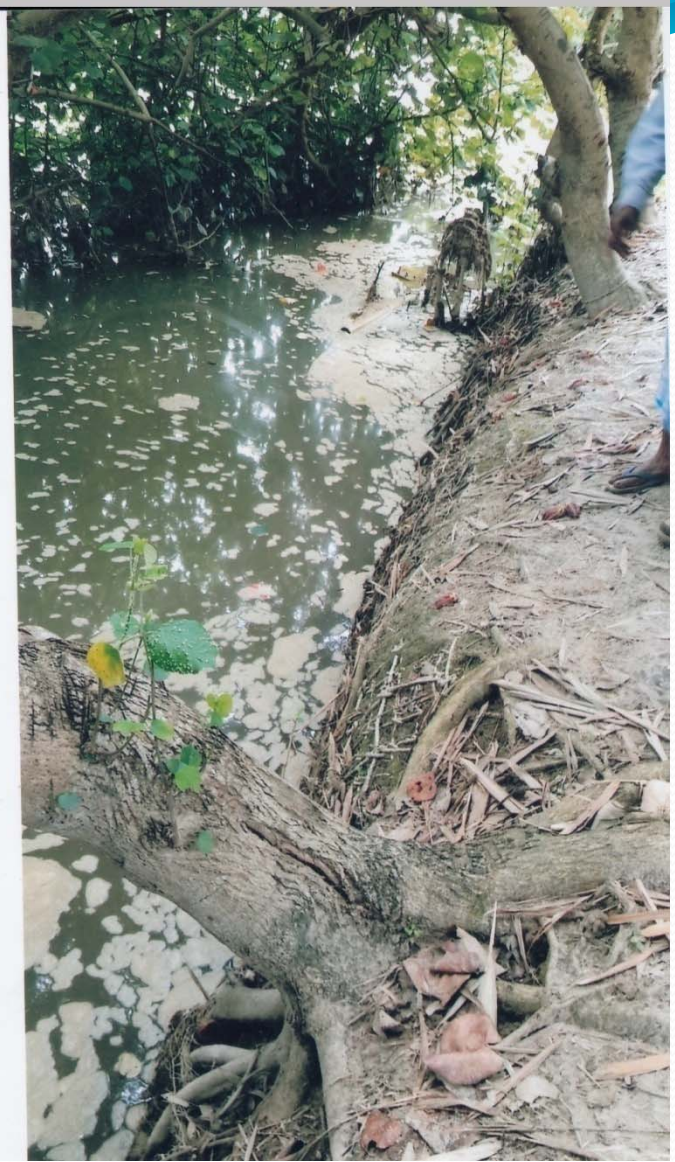
অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ নামত যি অৰ্থৰ শৰাৰ পতিহে সেয়া স্ব-চক্ৰে নেদেখিলে কোনোও অনুমান কৰিব নোৱাৰে। বৰ্তমান গ্ৰহণ কৰাৰ নীতিগত যন্ত্ৰেণ্ড তলমেণ্ড অফলাৰ হিচাপে চৰকাৰ-চৰকাৰে অফলাৰ নদীৰ পৰা। ফলত দিচামুখৰ অফলাৰ আশিষ্ণা আদি অফলাৰ বাইজৰ মাজতো বাপক প্ৰতিষ্টিমাৰ সৃষ্টি হৈছে। যি সময়ত বিশেষজ্ঞই সূক্ষ্ম দৃষ্টিভঙ্গীয়ে অফলাৰী দিলৰ পৰ্যবেক্ষণ চলাই এই অফলাৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা গ্ৰহণ কৰিব লাগিলে, তেনে সময়ত সেই চিহ্নস্বৰূপক একাধাৰীয়েক বৰি বিশেষজ্ঞক আফলাৰীৰ দৰাৰ জিঅ' মট্টৈলৈ অৰ্শনি কৰিব লাগিব। ইতিমধ্যে অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা কৰা হৈছে। কিন্তু এই অফলাৰীৰ পৰাখহনীয়া বোধ কৰাৰ বাহুৱা কৰা হৈছে।



# Populneus Mutabilis - Sthala Padma









# Work on Dikrong river, near Bihpuria

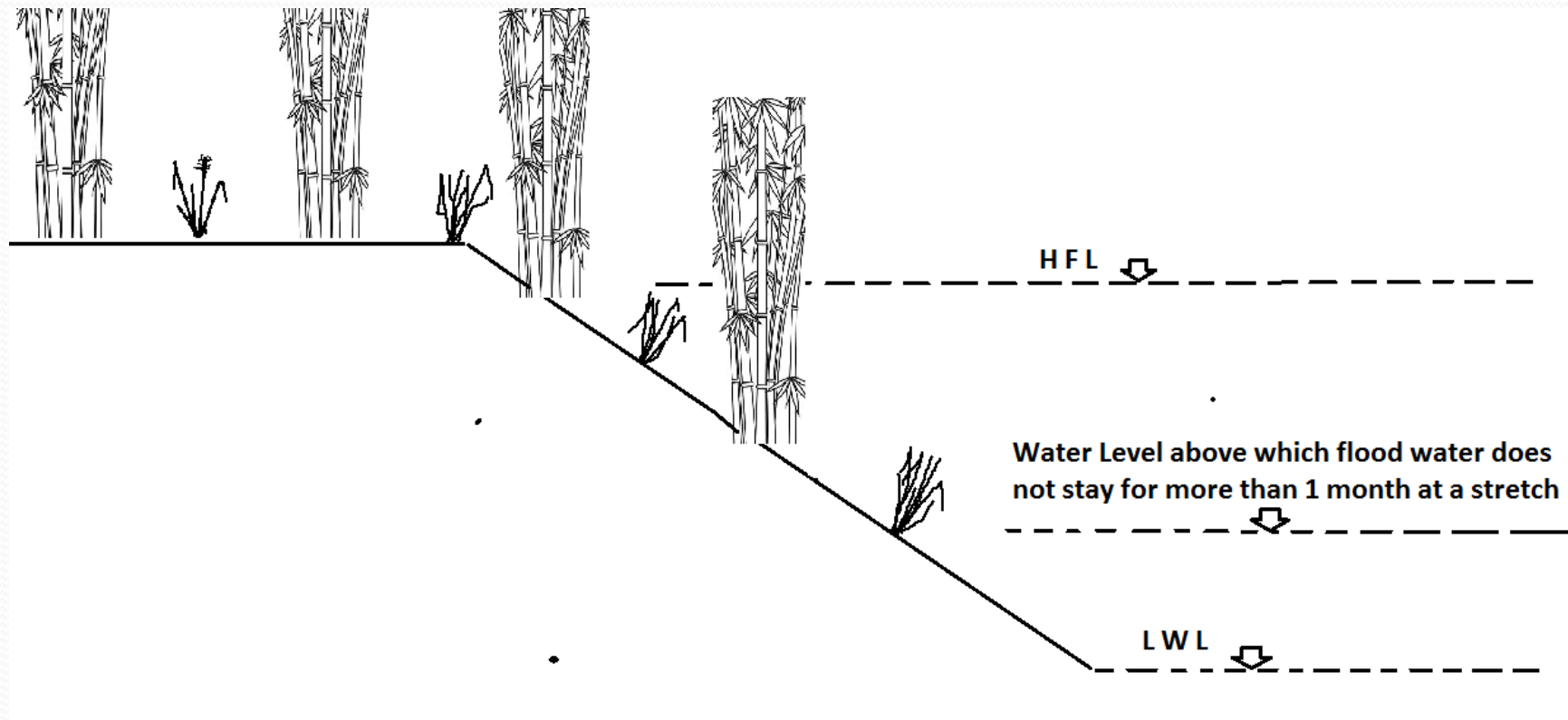




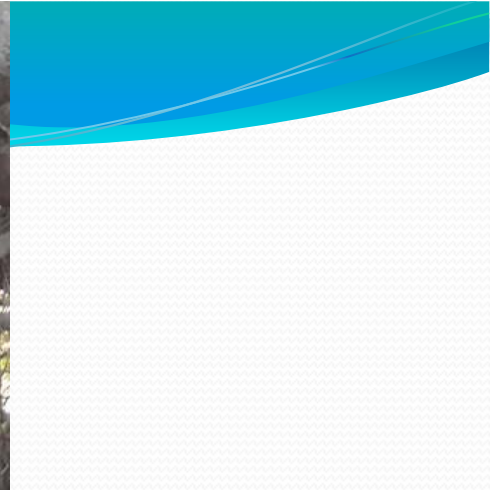




# Bamboo with Vetiver-







# Kekjori Tree





# Protection of flood control embankment

Planted on dykes, Vetiver hedge rows help reduce the flow velocity, decrease wave run-up while the roots increase the soil strength.

They also reduce the retrogressive erosion that takes place when Water flow or waves retreats back after over-topping dykes







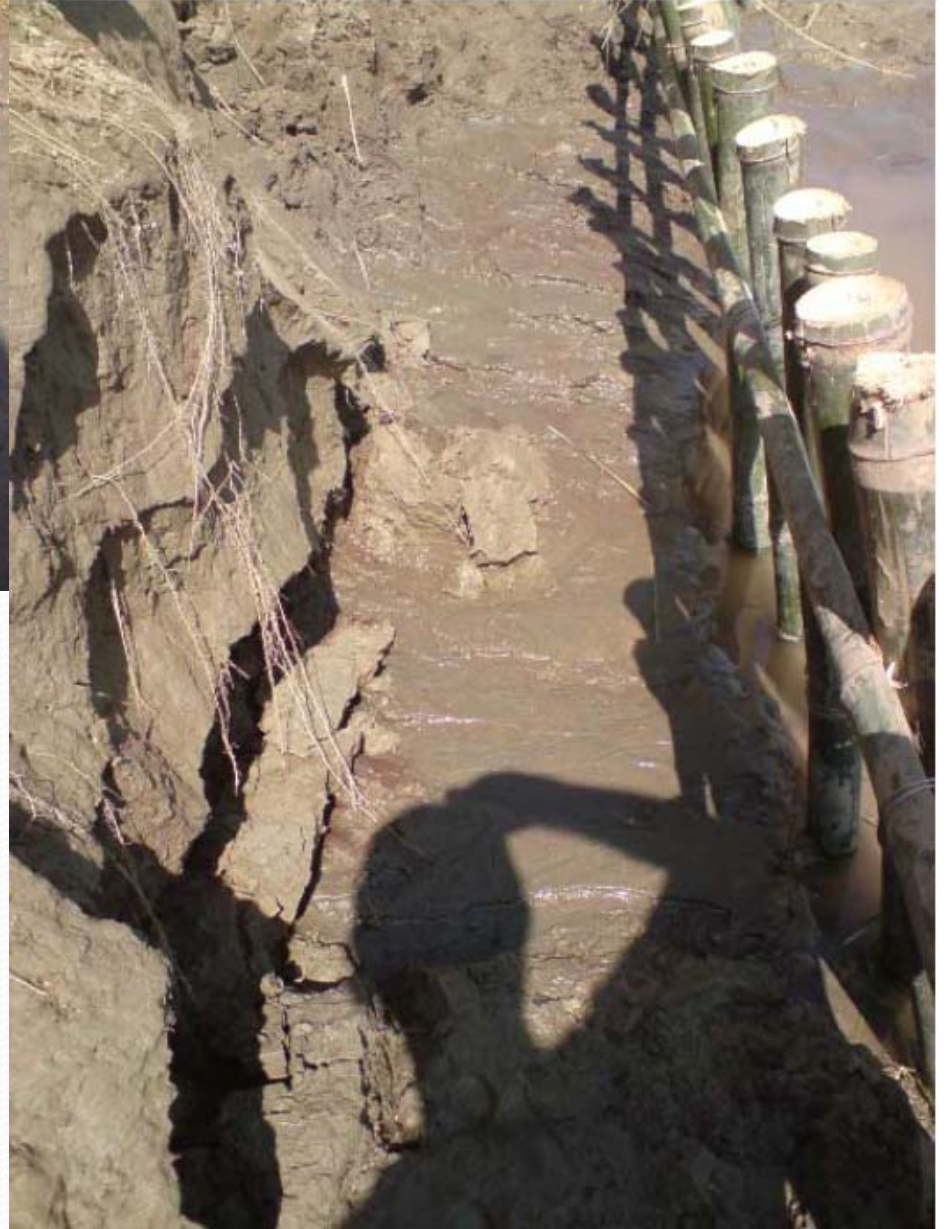
# Kolong River, Telahi, Morigaon







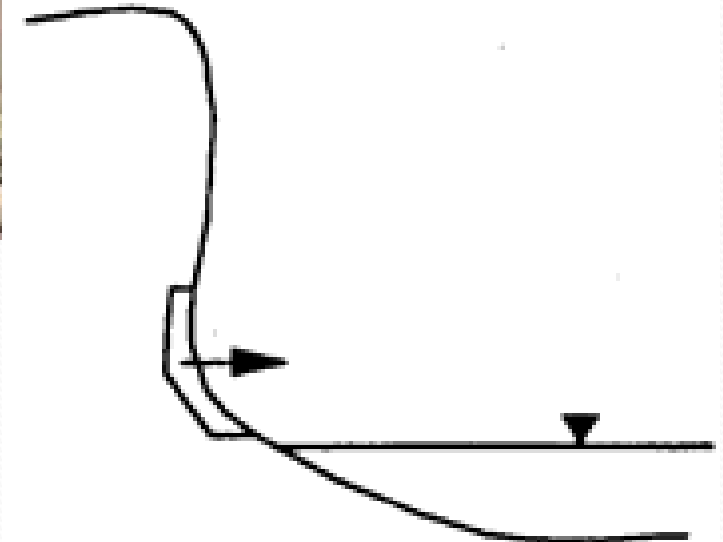


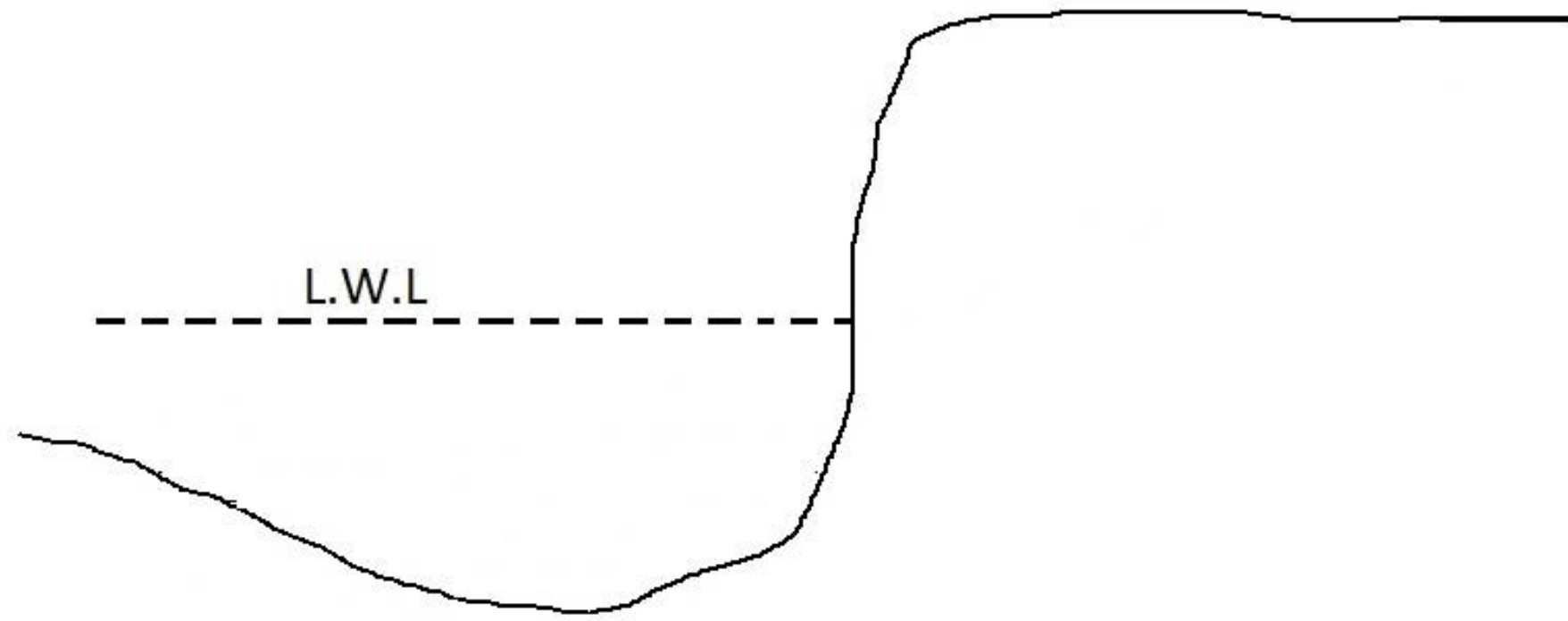






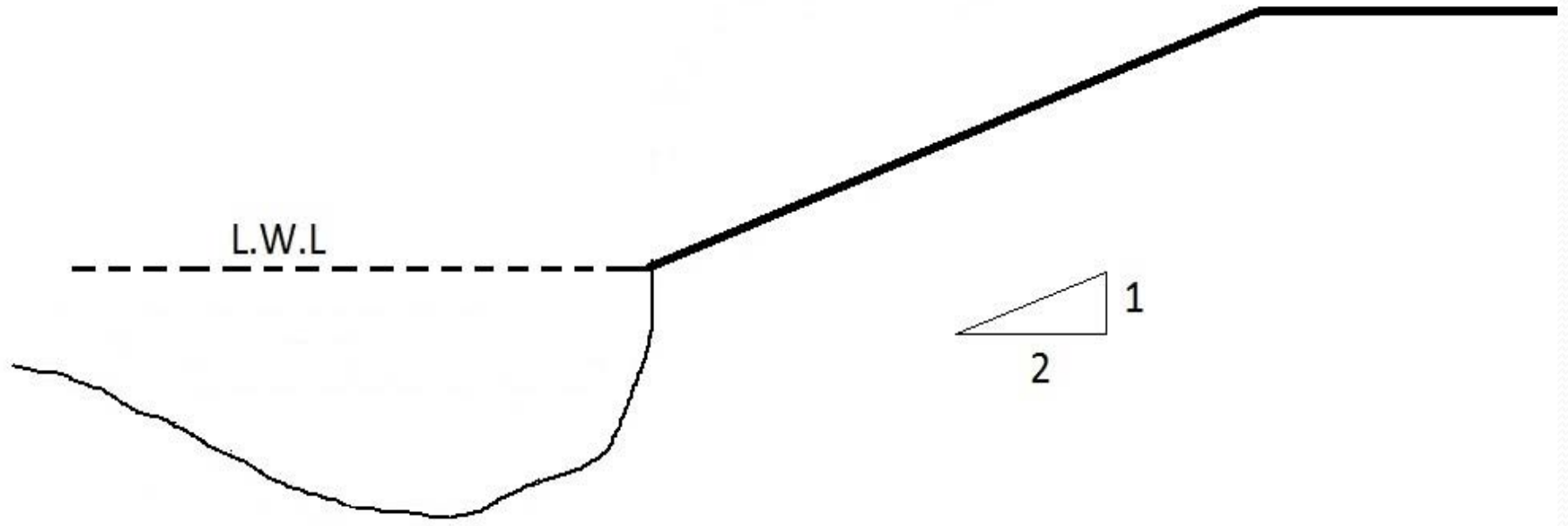
## Popout Failure



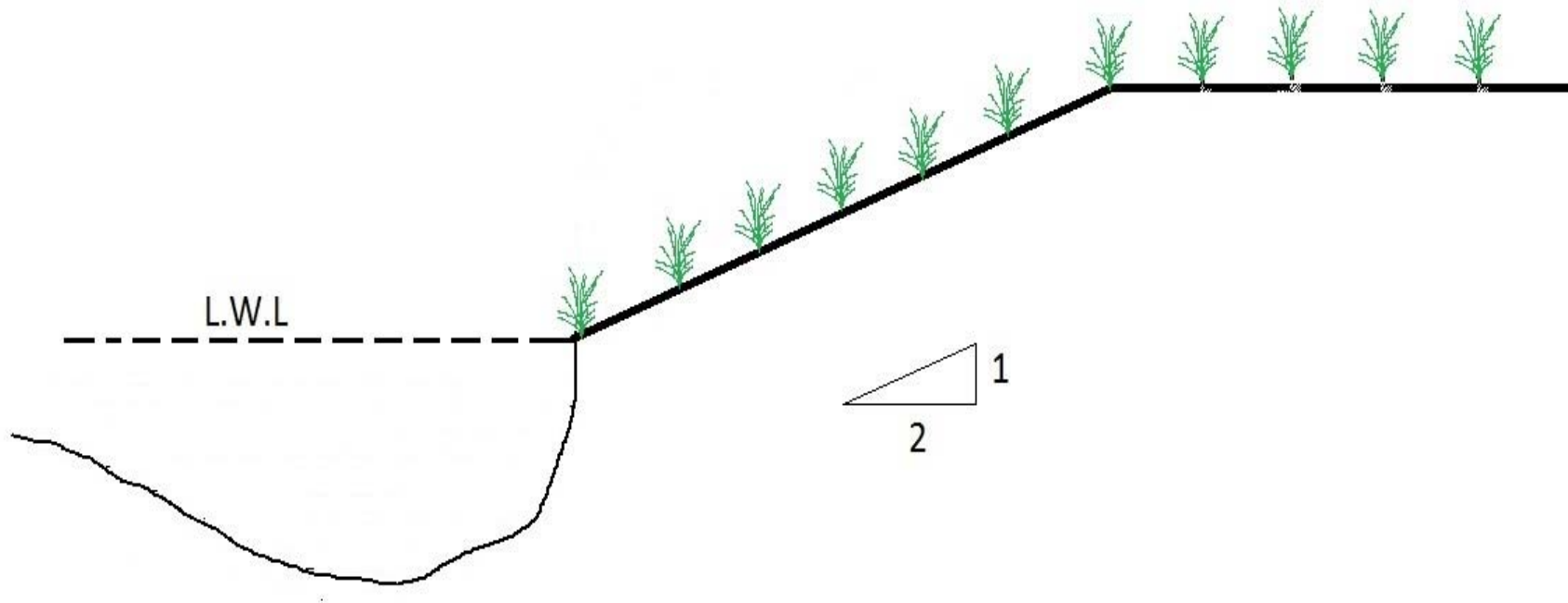


Existing Profile



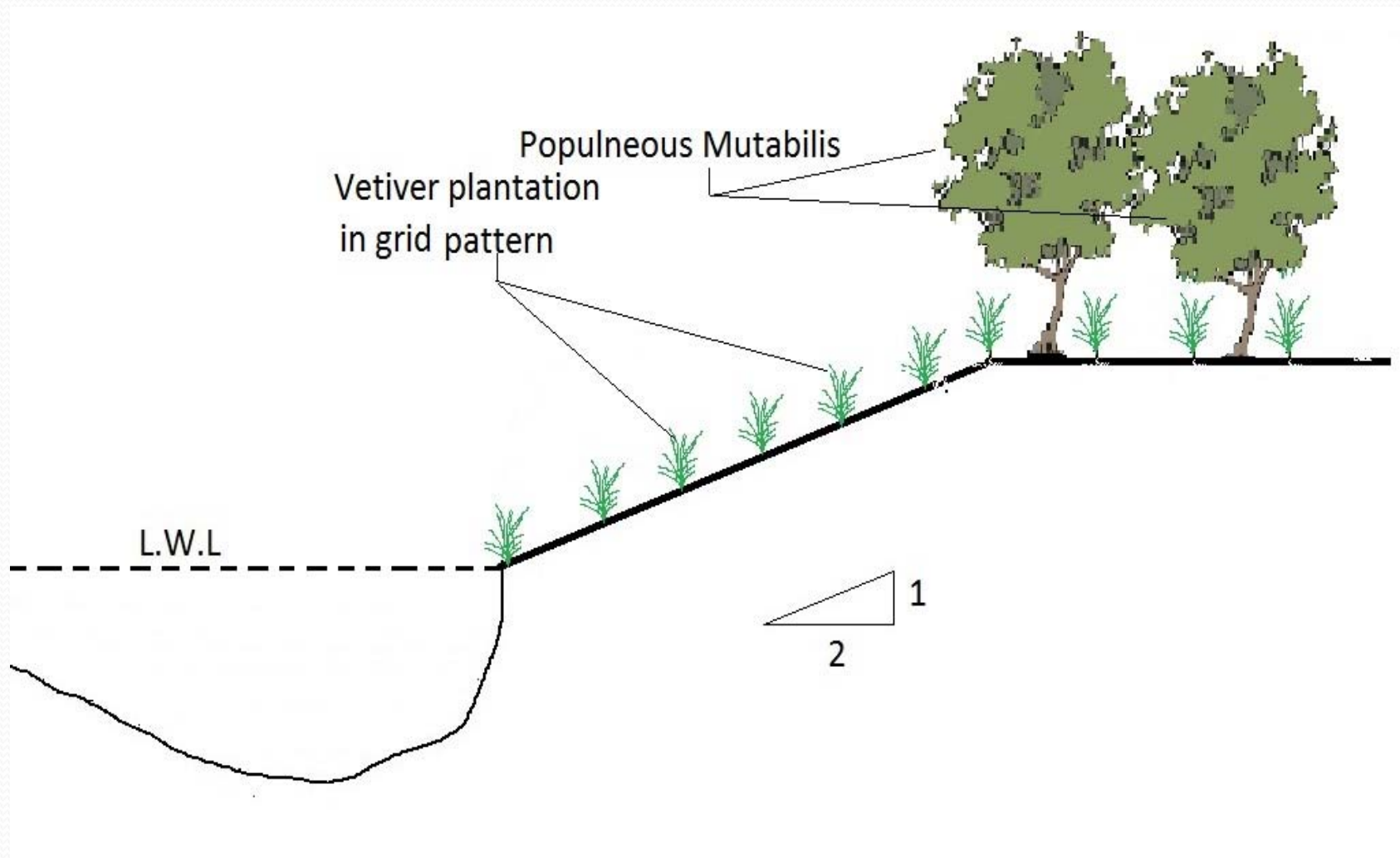


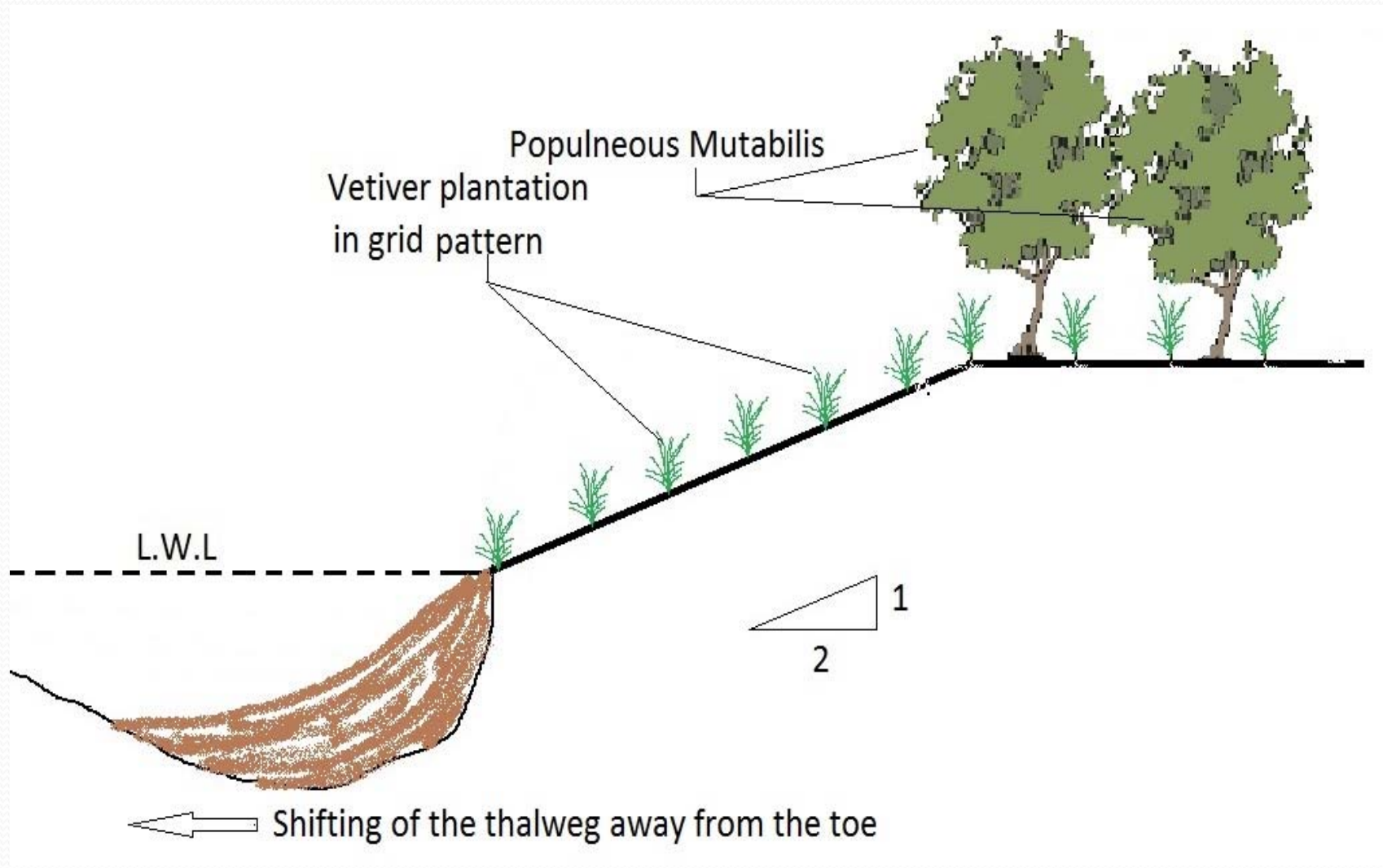
Triming of Existing profile



Vetiver plantation











**Thank you**